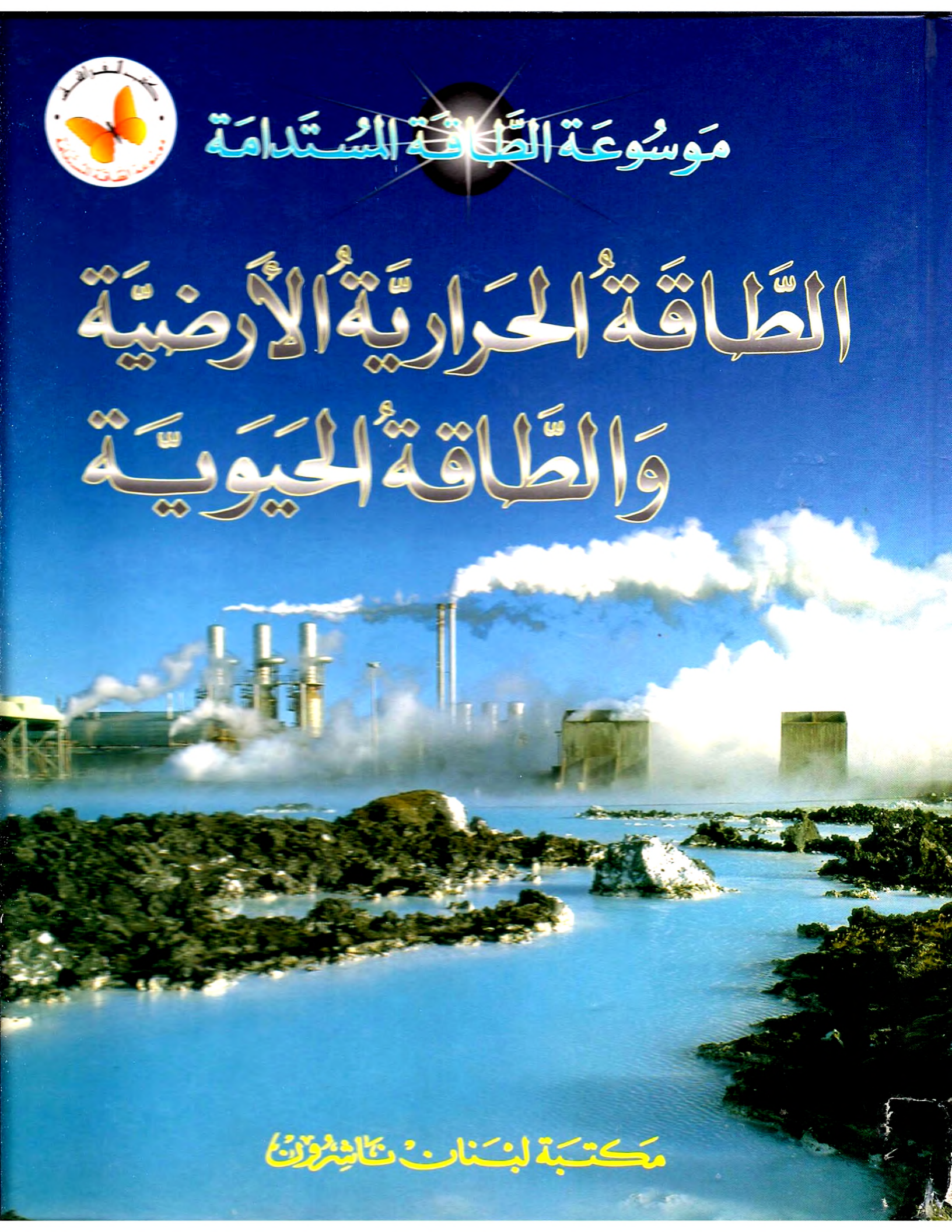
مَوسُوعَة الطَّاقَة المُستَدامَة

الطَّاقَةُ الحَرارِيَّةُ الأَرضِيَّة وَالطَّاقَةُ الحَيَوِيَّة



مَكتَبَة لبنان ناشِرون

مَوسُوعَة الطَّاقَة المُستَدامَة

الطَّاقَةُ الحَرارِيَّةُ الأَرضِيَّة وَالطَّاقَةُ الحَيَوِيَّة

إعْداد

أحمَد شفيق الخطيب

يوسُف سُليمان خَير الله

رَئيس التّحرير

أحمَد شفيق الخطيب

مَكتَبة لبنان نَاشِرون

المُحْتَويات

نَوعانِ مُختلِفان من الطاقة 4

القُدْرةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة والقُدْرةُ الحيَويَّة 8

الطاقةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة والطاقةُ الحيَويَّةُ عَبْرَ التاريخ 14

تِقانيَّاتُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيَويَّة 18

اِستِخْداماتُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيَويَّة 33

مُستَقْبَلُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيَويَّة 42

مَسْردُ التَّعْريفات 46

مَعْلوماتٌ إضافيَّة 47

الفِهْرسُ العامّ 48

مَوسُوعَة الطَّاقَة المُستَدامَة

فِي هٰذِهِ السِّلسِلة

- الوُقُودُ الأُحفوريَّة
- القُدرَةُ الشَّمْسِيَّة
- القُدرَةُ النَّوَويَّة
- الطَّاقَة الحَرارِيّة الأرضيّة وَالطَّاقَة الحَيَويّة
- قُدرَة الرِّيَاح
- القُدرَة المَائيَّة

حُقوق الطبْع © مَكتَبة لبنان نَاشِرُونَ شرلم - الطبعَة العَرَبيّة
حُقوق الطبْع © ويلانْد ليمِتد - الطبعَة الإنكْليزيّة

جَميع الحقوُق محَفوظَة : لا يَجوز نشْر أيّ جُزء مِن هٰذا الكِتاب أو تَصويره
أو تخزينه أو تسَجيله بأيّ وَسِيلَة دُونَ مُوَافَقة خَطيَّة مِن النّاشِر.

مَكتَبة لبْنَان نَاشِرُونَ

www.ldlp.com

صُندوق البَريد 11-9232
بَيروت - لبْنان
وُكَلاء وَمُوَزّعون في جَميع أنحَاء العَالَم

الطّبعَة الأولى 2002
طُبع في لبْنان

ISBN: 9953-1-483-2

نَوعانِ مُختلِفان من الطاقة

يدِبُّ اللَّهَبُ في قِطْعةٍ من شوكِ الجِمال عند مُلامَستِها صَخْرًا حارًّا في مُتنَزَّه تيمانْفايا القومي بجزيرةِ لانْزارُوت البُركانيَّة في جُزُر الكَناري الإسبانيَّة. ففي مِثْلِ هذه الأماكن تكونُ الصُّهارةُ (الصَّخْرُ المَصْهور) قريبةً جِدًّا من سَطْحِ الأرض.

ماهيَّةُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة

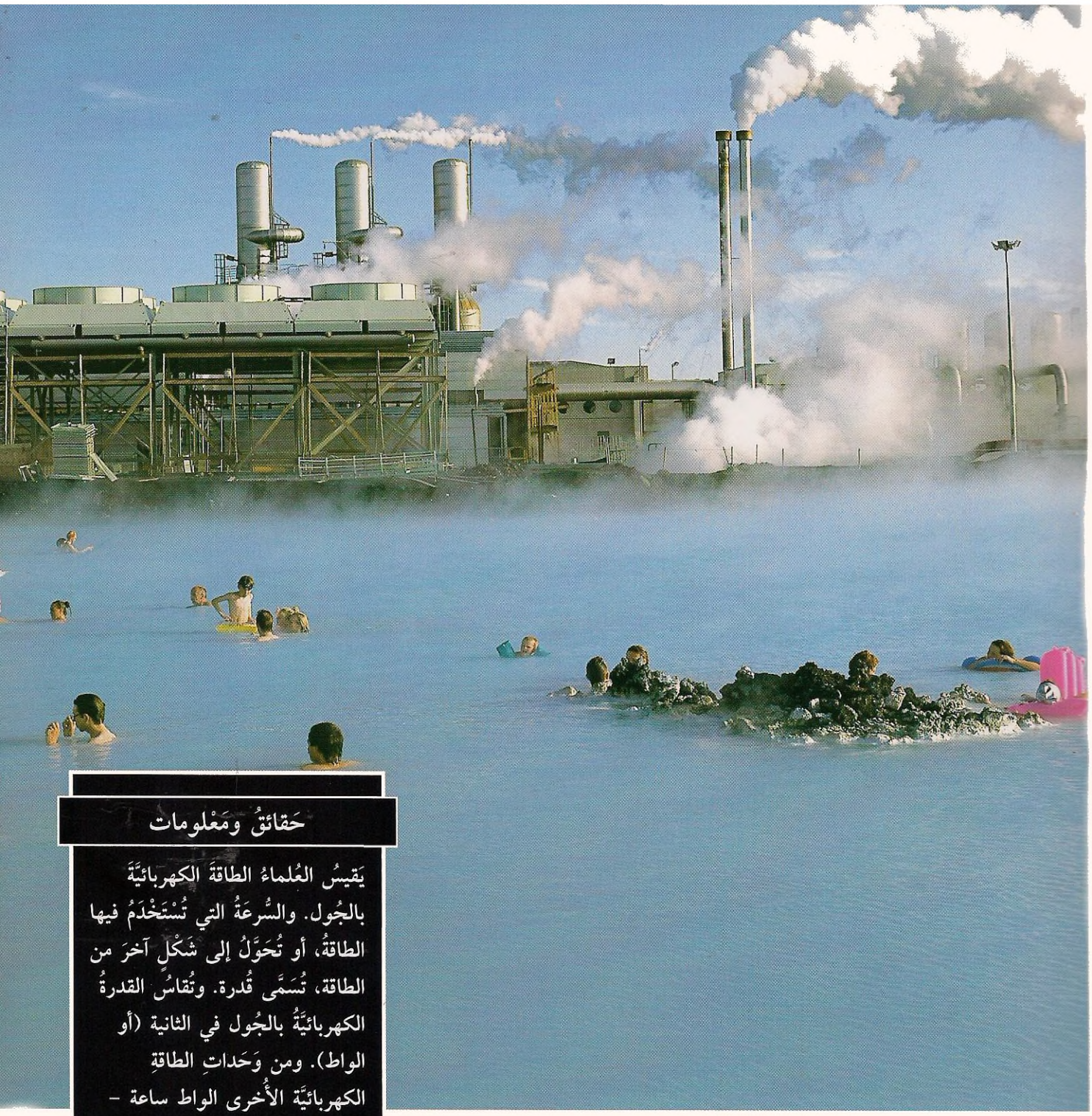
الطاقةُ الحراريَّةُ الأرضيَّةُ الجوفيَّة هي حرارةٌ من باطنِ الأرض يُمكِنُ استِخْدامُها في تَوليدِ الكهرباء.

إنَّ حَجْمًا من الصَّخر في باطنِ الأرض مِقدارُه حوالى 520 كيلومترًا مُكعَّبًا (وهو حَجْمُ جَبلٍ عاديّ) على درجةِ حرارةٍ أسخَنَ بعِدَّةِ مئاتِ الدَّرجات من الصَّخْر السَّطْحيِّ يَحْوي طاقةً تُعادِلُ الطاقةَ المُسْتَخْدَمةَ في العالَم بأَسْرِه في سنةٍ واحدة. ولِلإفادةِ من هذه الطاقةِ الحراريَّة، يَنْبغي تحويلُها إلى شكلٍ من الطاقة كالكهرباء يُمكِنُ نَقْلُه إلى حيثُ يُحْتاجُ إليه. وهذا ما تقومُ به مَحطَّاتُ القُدْرةِ الحراريَّة الأرضيَّة إذْ تَسْتَخْدِمُ الطاقةَ الحراريَّةَ الأرضيَّة لِتوليدِ قُدْرةٍ كهربائيَّة.

القُدْرةُ الحراريَّةُ الأرضيَّةُ حولَ العالَم

حاليًّا، يَستَخْدِمُ حوالى 25 بلدًا القُدْرةَ الحراريَّةَ الأرضيَّة. وأعظَمُ مُستَخْدِميها في العالَم هي الولاياتُ المتحدة الأمريكيَّة بِقُدْرةٍ إنتاجيَّةٍ تبلُغ 3000 ميغاواط. وتَليها الفيليبينُ التي تبلُغُ قُدْرتُها الإنتاجيَّة 1200 ميغاواط – أي حوالى خُمْسِ مُجْملِ إنتاجها من الكهرباء.

ومن البُلدانِ الأُخرى التي تَسْتَخْدِمُ القُدْرةَ الحراريَّةَ الأرضيَّة نيوزيلَنْدا ورُوسيَّا والمكسيكُ وإيطاليا واليابان وإندونيسيا وكوستاريكا والسَّلڤادور وتُركيا. ويَبْلغُ مُجْمَلُ إنتاجِ جميع مَحطَّاتِ القُدْرة الحراريَّةِ الأرضيَّة في العالَم حوالى 7000 ميغاواط. ويُمَثِّلُ ذلك 0,15 % من الإنتاجِ العالميِّ للكهرباء الذي يُوَلِّدُ مُعظمُه في مَحطَّاتِ القُدْرة التي تعمَلُ بالوُقُدِ الأُحفوريَّة – من فَحْمٍ ونِفْطٍ وغازٍ طبيعيّ – أو في مَحطَّاتِ القُدْرة الكهرمائيَّة.



في مَحطَّةِ القُدْرة الحراريَّةِ الأرضيَّة في سْفَارتْسِنْجي، بأيْسلندا، يتصاعَدُ البُخارُ من مَداخنِ حُجْرةِ التَّرْبينات ويَسْتحِمُّ الناسُ في «البُحَيرة الزَّرقاءِ» السَّاخِنةِ المياه بجانبِ المَحطَّة. الماءُ المُبَخَّرُ بِحرارةِ الصُّخور الجَوفيَّة يُديرُ تُرْبيناتٍ مُتّصلَةً بِمُوَلِّداتٍ للكَهْرباء. والبُخارُ المُتكاثِفُ ماءً ساخِنًا يُفْرَغُ في البُحَيرة الضَّحْلةِ المُجاوِرة.

حَقائقُ ومَعْلومات

يَقيسُ العُلماءُ الطاقةَ الكهربائيَّةَ بالجُول. والسُّرعَةُ التي تُسْتَخْدَمُ فيها الطاقةُ، أو تُحَوَّلُ إلى شَكْلٍ آخرَ من الطاقة، تُسَمَّى قُدرة. وتُقاسُ القدرةُ الكهربائيَّةُ بالجُول في الثانية (أو الواط). ومن وَحَداتِ الطاقةِ الكهربائيَّة الأُخرى الواط ساعة - وتُعادِلُ استِخْدامَ قدرةِ جُولٍ في الثانية لمدَّةِ ساعة. ويُعادِلُ الكيلوواط ساعة استِخْدامَ 1000 واط لِمُدَّة ساعةٍ واحدة، والميغاواط ساعة استخدامَ مليون واط لِمُدَّة ساعةٍ، والجيجاواط ساعة استخدامَ ألف مِليون واط لِمُدَّة ساعة.

الطاقةُ الحيَويَّة

الطاقةُ الحيَويَّةُ هي القُدْرةُ المُنْتَجةُ من الكُتْلةِ الحيَويَّة - أي جُملةُ الكائناتِ النَّباتيَّة والحيَوانيَّة.

النَّباتاتُ هي مَصْدرٌ غنِيٌّ لِلطاقة في العالَم. وهي بإنتاجها بُزورًا تُنْبِتُ نباتاتٍ جديدةً فتَتجَدَّدُ باستِمْرار. ويُقَدِّرُ الخُبراءُ أنَّ ما يَنْبُت من النَّباتاتِ سنَويًّا يَفوقُ بثَمانيةِ أضعاف ما يكفي كطاقةٍ حيَويَّة لِسَدِّ احْتياجات العالَم من الطاقة. ونحنُ حاليًّا لا نَسْتَخْدِمُ إلّا حوالى 7 % من المُنتَجِ السَّنَويِّ النَّباتيّ.

النَّباتاتُ الخَضْراءُ تَشْمَلُ السَّراخِسَ والمَخْروطيَّات (الصَّنوبريَّات) وجميعَ النَّباتاتِ المُزهِرة. وهي كُلُّها تَصْنَعُ غذاءَها ذاتيًّا مُستَخْدِمةً ضوءَ الشَّمْس، والماءَ من التُّرْبةِ، وثاني أكسيد الكربون من الهواء.

الكُتْلةُ الحيَويَّةُ مادَّةٌ خامٌ أساسيَّةٌ في العالَم الثالث. فالمادَّةُ النباتيَّةُ يمكِنُ حَرْقُها لِلإنارة أو التدفئةِ أو الطَّبْخ، كما يُمكِنُ حياكةُ أنسِجَتِها لِصُنْع المَلابس والحِبال أو تشكيلُها لِصُنْع مَقابضِ الأسلِحة والأدوات. وهي أيضًا مادَّةُ بناءٍ أساسيَّة.

أوراقُ النَّباتِ الخَضْراءُ تَصْنَعُ السُّكَّرَ والنَّشا باستِخْدام الطاقةِ الضوئيَّة لِاتِّحاد ثاني أُكسيد الكربون من الهواء مع الماءِ من التُّرْبة عَبْرَ الجُذور؛ ويَنطلِقُ أُكسِجينُ الهواء كمُنْتَجٍ ثانويٍّ لِلتفاعُلاتِ الكيماويَّة المُعَقَّدة. والطاقةُ المُخْتَزَنةُ في السُّكَّرياتِ والنَّشويَّات تُطْلَقُ عندما تُؤكَلُ النَّبْتَةُ أو تَتعفَّنُ أو تُحْرَقُ أو تَنْحَلُّ كيماويًّا.

تَتحوَّلُ الطاقةُ الضوئيَّةُ من الشَّمْس إلى طاقةٍ كيماويَّةٍ تَختزِنُها النَّبْتةُ كمُرَكَّباتٍ كَربوهِدْراتيَّةٍ لازِمةٍ لِلنمُوّ. وتُسَمَّى هذه العمليَّةُ التَّخْليقَ (أو التركيبَ) الضوئيّ. وبِتَفكيكِ المُركَّباتِ النباتيَّةِ الكربوهدراتيَّة، كالسُّكَّريَّات والنَّشا، يُمكِنُ إطلاقُ الطاقةِ المُخْتَزَنةِ فيها واستِخْدامُها.

كهرباءُ من الكُتْلةِ الحيَويَّة

يُمكِنُ تَحْويلُ الطاقةِ من الكُتْلةِ الحيَويَّة إلى أشكالٍ أُخرى من الطاقة، بخاصَّةٍ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ وَكهربائيَّة. إنَّ حوالى 4 % من الكهرباء المُنْتَجةِ في الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة مَصْدرُها الكُتْلةُ الحيَويَّة. وهي تُساوي تَقريبًا كميَّةَ الكهرباء المُنْتَجةَ هناك بِمَحطَّاتِ القُدْرةِ النوويَّة أو الكَهرمائيَّة. ونَذكرُ أنَّ السويدَ وكَنَدا كلتَيهما تَسُدُّ حوالى 8 % من احتياجاتِها القوميَّة لِلقُدْرة من الكُتْلةِ الحيَويَّة.

يُغِلُّ البَحْرُ مَحْصولًا وَفيرًا من الكُتْلةِ الحيَويَّة على شَكْلِ أعشابٍ بَحْريَّة. لكِنَّ هذه الأعشابَ البَحْريَّةَ غالبًا ما تُؤكَلُ أو تُسْتَخْدَمُ كأَسْمدةٍ لِتَغْذيةِ الزُّروع؛ فهي حتَّى الآن لمّا تُسْتَخْدَمُ إلَّا قليلًا في مَحطَّاتِ القُدْرةِ الحيَويَّة لِتَوليدِ الكهرباء.

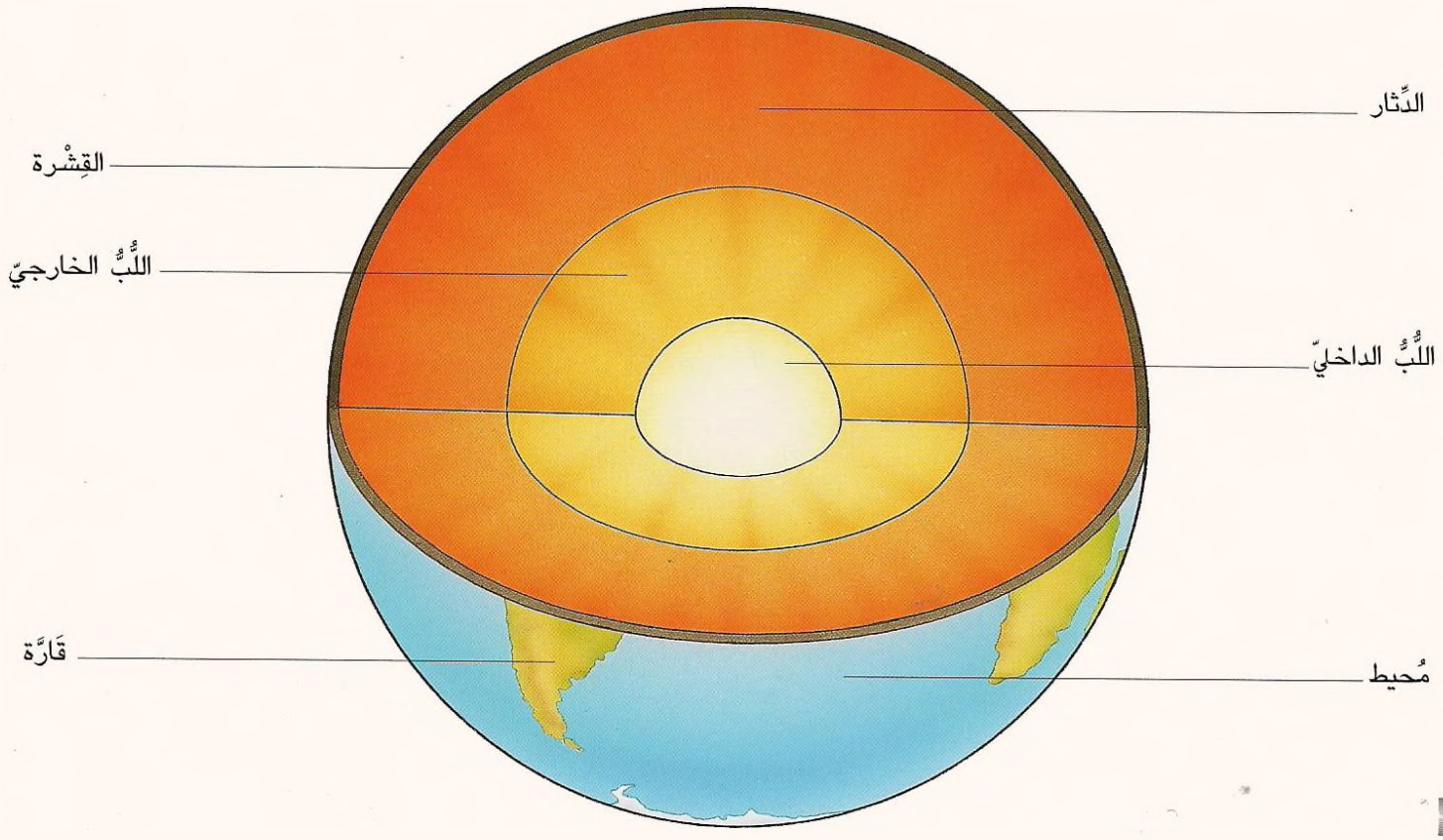
القُدْرةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة والقُدْرةُ الحيَويَّة

يَنْقَسِمُ اللُّبُّ الأرضيُّ إلى لُبٍّ داخليٍّ فلِزِّيٍّ جامِدٍ قُطْرُه حوالى 2300 كم – يُحيطُ بِه لُبٌّ خارجيٌّ فلِزِّيٌّ سائلٌ سُمْكُه حوالى 2300 كم. واللُّبُّ الخارجيُّ هذا مُحاطٌ بالدِّثار، الذي يبلغُ سُمْكُه حوالى 3000 كم؛ وهو يتحَرَّكُ ويَنْسابُ رِخْوًا كالحَلْوى السَّاخِنة. ويلي الدِّثارَ القِشْرةُ الأرضيَّةُ الرقيقةُ الصَّلْدةُ التي يَتَراوحُ سُمْكُها بين 10 كم وَ 80 كم؛ وهي أسمَكُ تحتَ القارَّات مِنها تحتَ المُحيطات.

مَصْدرُ القُدْرةِ الحراريَّة الجَوفيَّة الأرضيَّة

تتألَّفُ الكُرَةُ الفلِزِّيَّةُ الجامدةُ في مَرْكزِ الأرض من الحديدِ والنيكل على دَرجةِ حرارةٍ تُقارِبُ 4200°س. وهي بشِدَّة إحرارِها تَصْهرُ الصَّخْرَ المُكْتَنِف.

إنَّ معظمَ الطاقةِ التي تُسَخِّنُ اللُّبَّ الأرضيَّ إلى مِثْلِ درجةِ الحرارة العاليةِ هذه مَصْدرُه التفاعُلاتُ النوويَّةُ الجاريةُ هناك. ولِحُسْنِ الحَظِّ، فإنَّ سطحَ الأرضِ أبرَدُ بكثيرٍ من اللُّبِّ. فنَحنُ نَعيشُ على القِشْرة الصخريَّةِ الباردةِ الطافيةِ فوق اللُّبِّ الأرضيِّ الفائقِ السُّخونة.

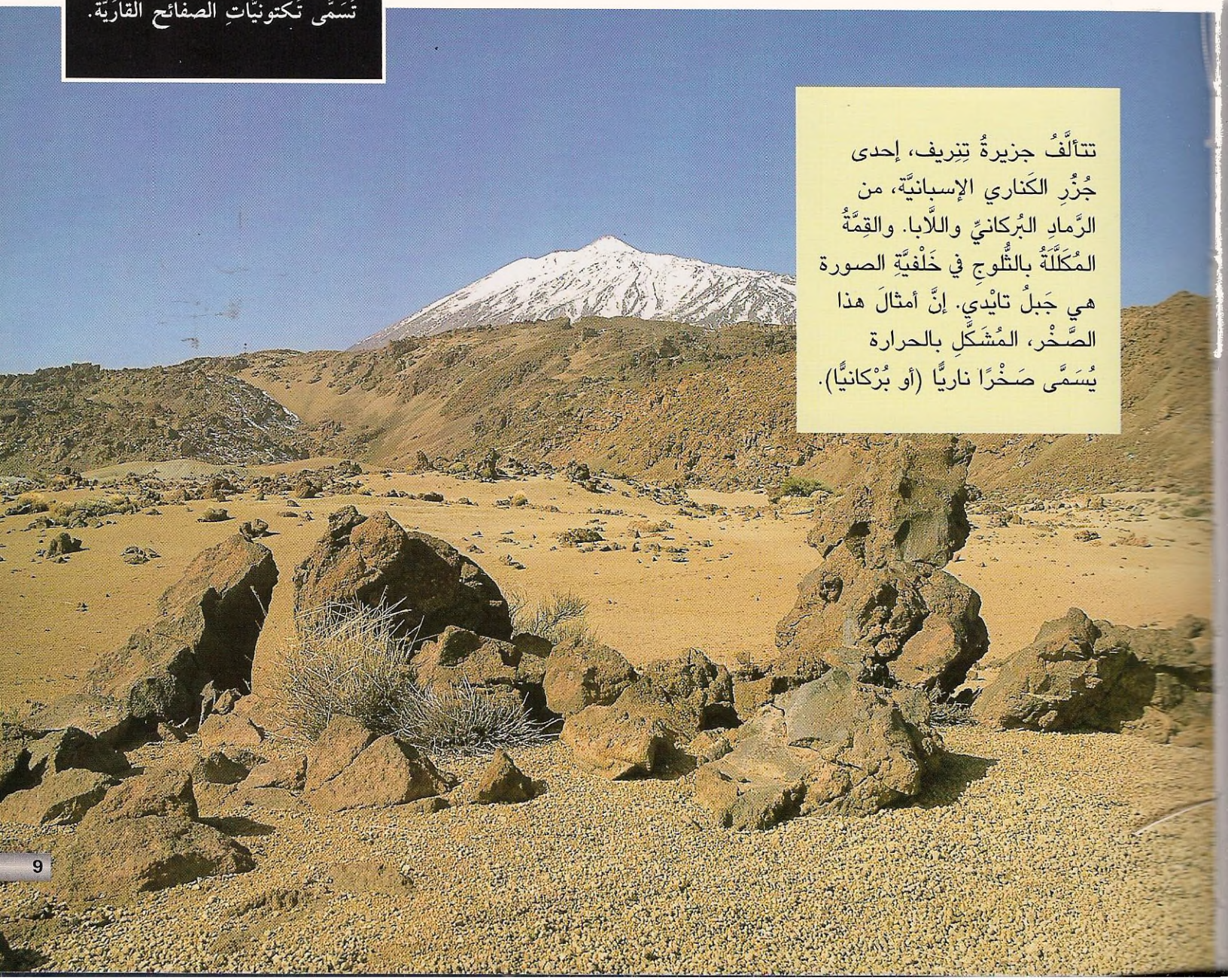


الإحرارُ الأرضيُّ الجَوفيّ

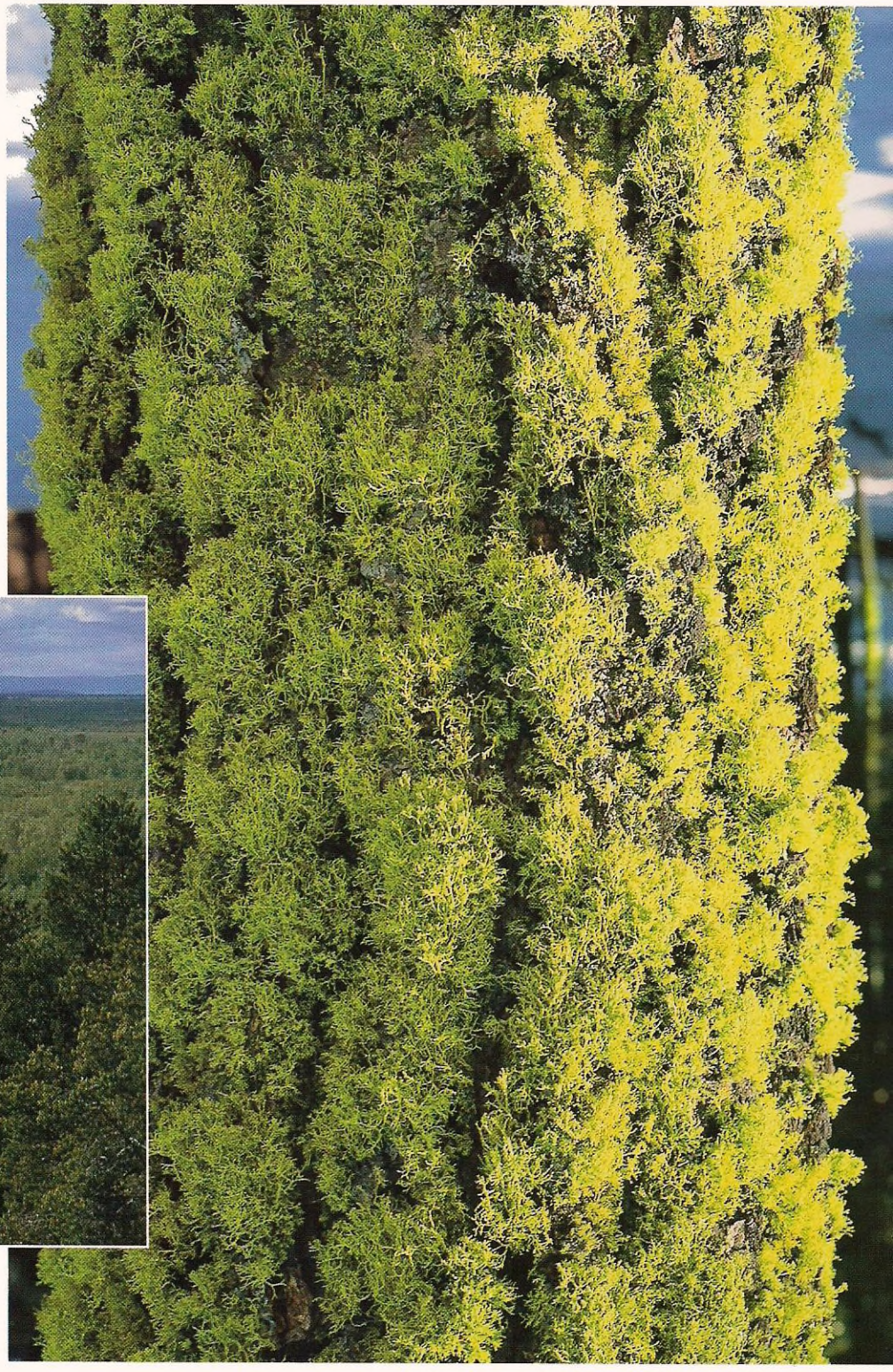
مَعَ ٱنْسيابِ الحرارةِ بَعيدًا عن اللُّبِّ نحوَ سَطْحِ الأرض، تَهْبِطُ درجةُ الحرارة بحوالى 30°س لِكُلِّ كيلومترٍ تَقْطَعُه. وعندَ بلوغِ الحرارة سطحَ الأرض، يحمِلُها جَوُّ الأرض بعيدًا لِتُشَعَّ في الفَضاءِ الشاسِع. ونحنُ عادةً لا نَسْتَشْعِرُ الإحرارَ الأرضيَّ الجَوفيَّ لأنَّ تأثيرَ الإحرارِ الشَّمْسِيِّ أشَدُّ بكثيرٍ على سَطْحِ الأرض من تأثيرِ إحرارِ اللُّبِّ الأرضيّ.

حَقائقُ ومَعْلومات

تَنقسِمُ القِشْرةُ الأرضيَّةُ إلى قِطَعٍ مُنْفَصِلةٍ أشبهَ بقِشْرةِ بَيْضةٍ مُشَقَّقة. هذه القِطَعُ تُسَمَّى الصفائحَ القارِّيَّة. وهي تتحَرَّكُ ببُطْءٍ شَديدٍ حامِلةً معها القارَّات - فيما يُسَمَّى الإنْجرافَ القارِّيَّ. والدِّراسةُ العلميَّةُ لهٰذه الصفائح المُتحَرِّكة تُسَمَّى تَكْتونيَّاتِ الصفائح القارِّيَّة.



تتألَّفُ جزيرةُ تِنِريف، إحدى جُزُرِ الكَناري الإسبانيَّة، من الرَّمادِ البُركانيِّ واللَّابا. والقِمَّةُ المُكَلَّلَةُ بالثُّلوجِ في خَلْفيَّةِ الصورة هي جَبلُ تايْدي. إنَّ أمثالَ هذا الصَّخْر، المُشَكَّلِ بالحرارة يُسَمَّى صَخْرًا ناريًّا (أو بُرْكانيًّا).

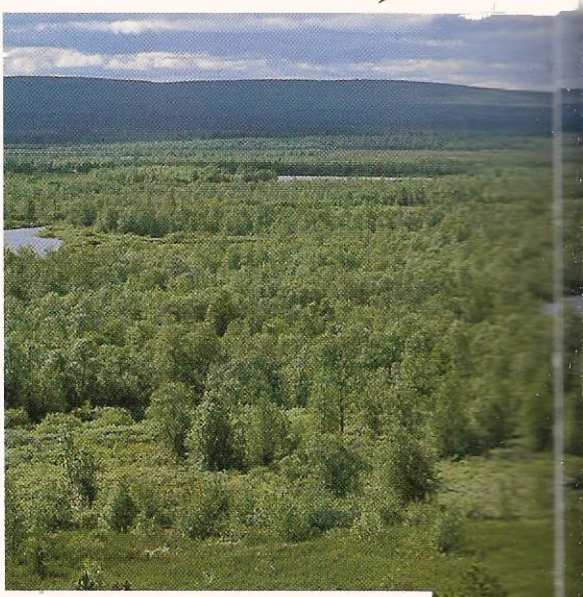


تُغَطِّي الأُشْناتُ جُذوعَ أشجارِ السَّكُويَة العِملاقة في كاليفورنيا، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة. تَتواجَدُ الأُشْناتُ في المناطقِ الأَقْصى شمالاً والأَقْصى جنوبًا وعلى ارْتفاعاتٍ أعلى من النَّباتات الأُخرى. وباستِطاعتِها النمُوُّ فوقَ جبالٍ قد تَعْلُو 6000 م، حيثُ يَسْتَخْدِمُها السُّكَّانُ المَحلِّيُّونَ كوَقُود.

مَصْدرُ الوُقُدِ الحيويَّة

الوُقُدُ الحيويَّةُ هي وُقُدٌ تُتَّخَذُ من الكُتْلةِ الحيويَّة. فقد تُحْرَقُ أو تُعالَجُ بالكيماويَّات أو المُتَعضيَّاتِ الصُّغْريَّةِ لإطلاقِ الطاقةِ المُخْتَزَنةِ فيها. تَشْمَلُ الكُتْلةُ الحيويَّةُ كُلَّ المادَّةِ النَّباتيَّة - من أشجارٍ حِراجيَّةٍ (جُذوعًا خَشَبيَّةً وأوراقًا)، وجُنَيْباتٍ، وأعشابٍ، وخُثٍّ من السَّبَخات، وأعشابٍ بَحْريَّة من المُحيطات، وطحالِبَ وأُشْناتٍ من مناطقِ التَّنْدرا القُطْبيَّة. وهي تَشْمَلُ حتَّى رَوْثَ الحيوانات الذي هو غالبًا غنيٌّ بالمادَّةِ النباتيَّة غيْرِ المُنْهَضِمة.

تَمْتَدُّ الحِراجُ والسُّهوبُ العُشْبيَّةُ على مَدًى شاسِعٍ عَبْرَ لاپْلَنْد، بالسويد. حتَّى في هذه المُناخاتِ الشماليَّةِ الباردة ينمُو النَّبْتُ في كُلِّ مكان. وكُلُّ هذه الكُتْلةِ الحيويَّة يُمكِنُ استِخْدامُها كوَقُودٍ حيويٍّ بِحَرْقِها أو بِمُعالَجتِها كيماويًّا لِصُنْعِ الغازِ أو الزَّيْت.



وُقُدُ الطبيعة

الوُقُدُ الحيويَّةُ تنمُو في كُلِّ مَكانٍ حَوالَينا. نحنُ نعلَمُ أنَّ مناطقَ الأرض الأشَدَّ بُرودةً وحَرارةً والأكثرَ جَفافًا - كمِنْطَقتَي القُطْبَين المُتجَمِّدتَين والصَّحاري الحارَّة القاحِلة - لا تُنْبِتُ سِوى القليلِ من الحياةِ النباتيَّة، لكِنَّ مناطقَ الأرض الأُخرى تَزْخَرُ بغطاءٍ نباتيٍّ غَزيرٍ ومُتَنوِّع. فالحِراجُ تَنْتَشِرُ على طولِ المَدى من ساحلِ كَنَدا على المُحيطِ الهادي إلى ساحلِ الأَطْلسيّ، ومن اسكندينافْيَة شَرقًا عَبْرَ أوروبا الشَّماليَّةِ ورُوسيّا. وتُغَطِّي غاباتُ الأمازون المَطيرةُ مِساحاتٍ شاسِعةً من أمريكا الجَنوبيَّة. كذلك تَغْزُرُ الأعشابُ البَحْريَّةُ في المَضاحلِ الساحليَّةِ الخِصْبةِ حولَ القارَّات، وتَزْدَهِرُ الأَدْغالُ الخَضْراءُ الرَّيانةُ في المناطقِ المَداريَّة الغزيرةِ الأمطار. كما تُغَطِّي الأشجارُ والجَنَباتُ والأعشابُ ونباتاتٌ أُخرى مِساحاتٍ شاسِعةً من المناطقِ الرِّيفيَّة في المُناخاتِ المُعْتَدِلة.

تُسْتَغلُّ أشجارُ الصَّنَوبَر في اسكتلَنْدا كوَقُودٍ حيويّ. فاللِّحاءُ القِشْريُّ والشَّقَفُ الفَضَلاتيَّةُ والنُّشارةُ الخَشَبيَّةُ يُمكِنُ حَرْقُها كوَقُودٍ لِتَوليدِ الكهرباء.

كيفَ تُؤثِّرُ الطاقةُ الحراريَّةُ الأرضيَّةُ فينا؟

يَبْدو العالَمُ حولَنا مُسْتَقِرًّا لا يتَغَيَّر. والواقِعُ أنَّه يتَغَيَّر لكِنْ ببُطْءٍ شديدٍ؛ والتغَيُّراتُ في العالَم الطبيعيِّ تُسبِّبُها الطاقةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة. فهيَ تُحرِّكُ الإنْجرافَ القاريَّ الذي يُحدِثُ سَلاسِلَ الجِبالِ وأوديةَ الخَسْفِ الشديدة الإنْحِدار وأحواضَ المُحيطات. هذه التأثيراتُ، في العادة، تدريجيَّةُ الحدوث جِدًّا بحيثُ تسْتَغرِقُ ملايينَ السِّنين لإحداثِ فَرْقٍ بيِّنٍ مَلْحوظ. لكِنَّ الطاقةَ الحراريَّةَ الأرضيَّةَ قد تكونُ أيضًا فُجائيَّةً وعَنيفةً، كما يَحْصلُ عندما تَخْرُقُ الصُّهارةُ (الصَّخْرُ المَصْهور) القريبَةُ من سَطْحِ الأرض القِشْرةَ الأرضيَّةَ لإحداثِ بُركان.

البَراكين

عندما يَثورُ بُركانٌ تُقْذَفُ في الجَوِّ صُخورٌ وغُبارٌ ورَمادٌ، وتَنْسابُ أنهارٌ من الحُمَم اللَّابيَّةِ (الصُّهارةِ التي تبلغُ السَّطْح) مُنْصَبَّةً على جوانِبه. وقَد تَنْدَفِقُ أيضًا سُحُبٌ مُتأجِّجةٌ من الغُبار والغاز، تُسَمَّى اندِفاقاتٍ بُركانيَّةً فُتاتيَّةً، هابِطةً على جانب البركان بِسُرعةٍ تُقارِبُ 500 كم في السَّاعة، فَتُرَمِّدُ كلَّ شيءٍ في طريقِها.

حَقائقُ ومَعْلومات

هنالك حوالى 850 بُركانًا ناشِطًا حولَ العالَم - يقَعُ مُعْظَمُها على امْتدادِ حِزامٍ حولَ حوافِّ المُحيط الهادي يُسَمَّى حَلْقةَ النَّار.

أَنهارٌ من اللَّابة، المُحمَرَّةِ بالحرارة، تُضيءُ سماءَ اللَّيل في هاوَاي، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة. فجُزرُ هاوَاي كانَت قد تكوَّنَت سالفًا من مَوادَّ بُركانيَّةٍ تنامَت من قاعِ المُحيط وارتفعَت فوقَ سَطحِ البَحر. حاليًّا هناكَ فقط بُركانانِ ناشِطان في هاوَاي هُما بُركانا مُونالُوَا وكيلاوي.

إذا تغطَّت قِمَّةُ الجَبلِ البُركانيِّ بالثَّلْج، فإنَّ الثَّلْجَ المُذابَ بالصُّهارةِ الحارَّةِ قد يَمْتزجُ بالرَّماد ويَنْسابُ جارِفًا سَفْحَ الجَبل في دَفَقاتٍ طينيَّةٍ يُمكِنُها طَمْرُ مُدُنٍ بكامِلِها. الثَّوَراناتُ البُركانيَّةُ تُطْلِقُ كميَّاتٍ هائلةً من الطاقة، لكِنَّها أحداثٌ نادرةٌ وبالِغةُ العُنْفِ بحيثُ يَسْتَحيلُ تَسْخيرُ قُدْرتِها.

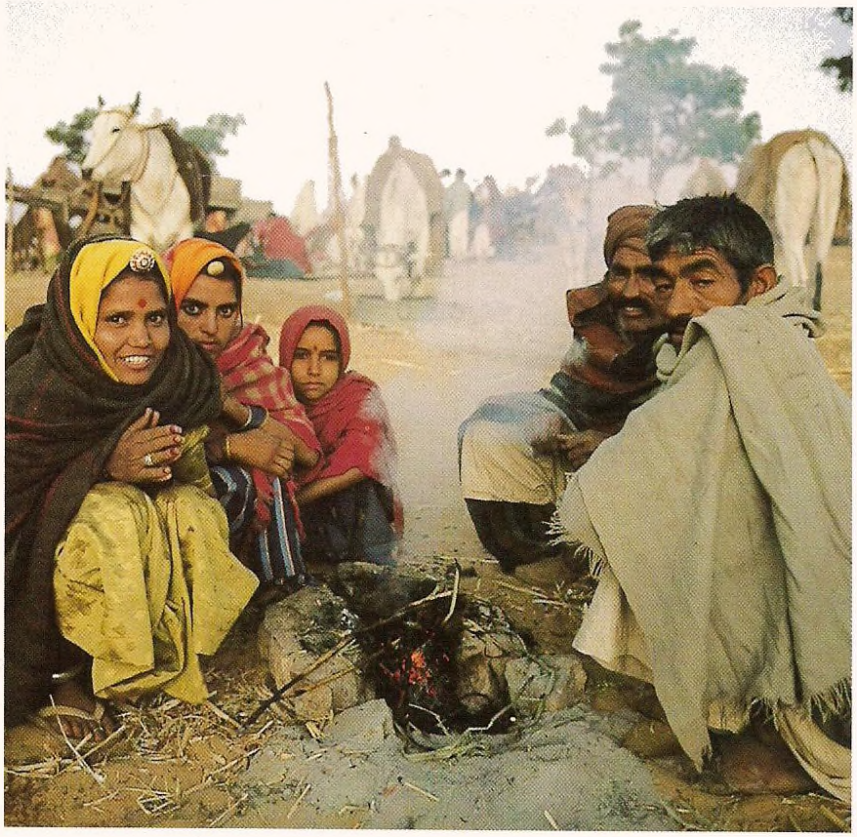
البَراكينُ المَخْروطيَّةُ الشَّكْل تَثُورُ بانتِظام. فتَتدَفَّقُ اللَّابةُ على السُّفُوحِ والجوانبِ وتَتراكمُ رافِعةً قِمَّةَ المَخْروطِ أعلى فأعلى. أمَّا الأنماطُ الأُخرى من البَراكين، كالبَراكين الدِّرْعيَّةِ، فهي أخفَضُ وأكثَرُ تسَطُّحًا.

الطاقةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة والطاقةُ الحيَويَّةُ عَبْرَ التاريخ

تَسْخيرُ الطاقةِ الحيَويَّة

لقد استَخْدمَ الناسُ مَواقِدَ الحَطَب لِلتدفئة وطَبْخِ الطَّعام على مَدَى آلافِ السِّنين. وفي بعضِ البُلدان الناميةِ، غالبًا ما تكونُ هذه المَواقدُ الوَسيلةَ الوَحيدةَ لِلتدفئةِ والطَّبْخ. والإحراقُ مُهِمٌّ أيضًا في البُلدان المُتَطوِّرة، حيثُ تُحْرَقُ النُّفاياتُ المَنْزليَّةُ في مُرَمِّداتٍ خاصَّةٍ لِتَوليدِ الكهرباء. كذلك فإنَّ الغازَ الحيَويَّ – المُسْتَخْلَصُ من انْحِلالِ الكُتلةِ الحيَويَّةِ طبيعيًّا – قد استُخْدِمَ أيضًا كوَقُود. فمُنْذُ عام 1857، استُخْدِمَ غازُ الميثان من انْحِلالِ الكُتلةِ الحيَويَّةِ كوَقُودٍ في مُستَعْمرةٍ لِلمَجْذومين قُربَ بُومْباي في الهِنْد.

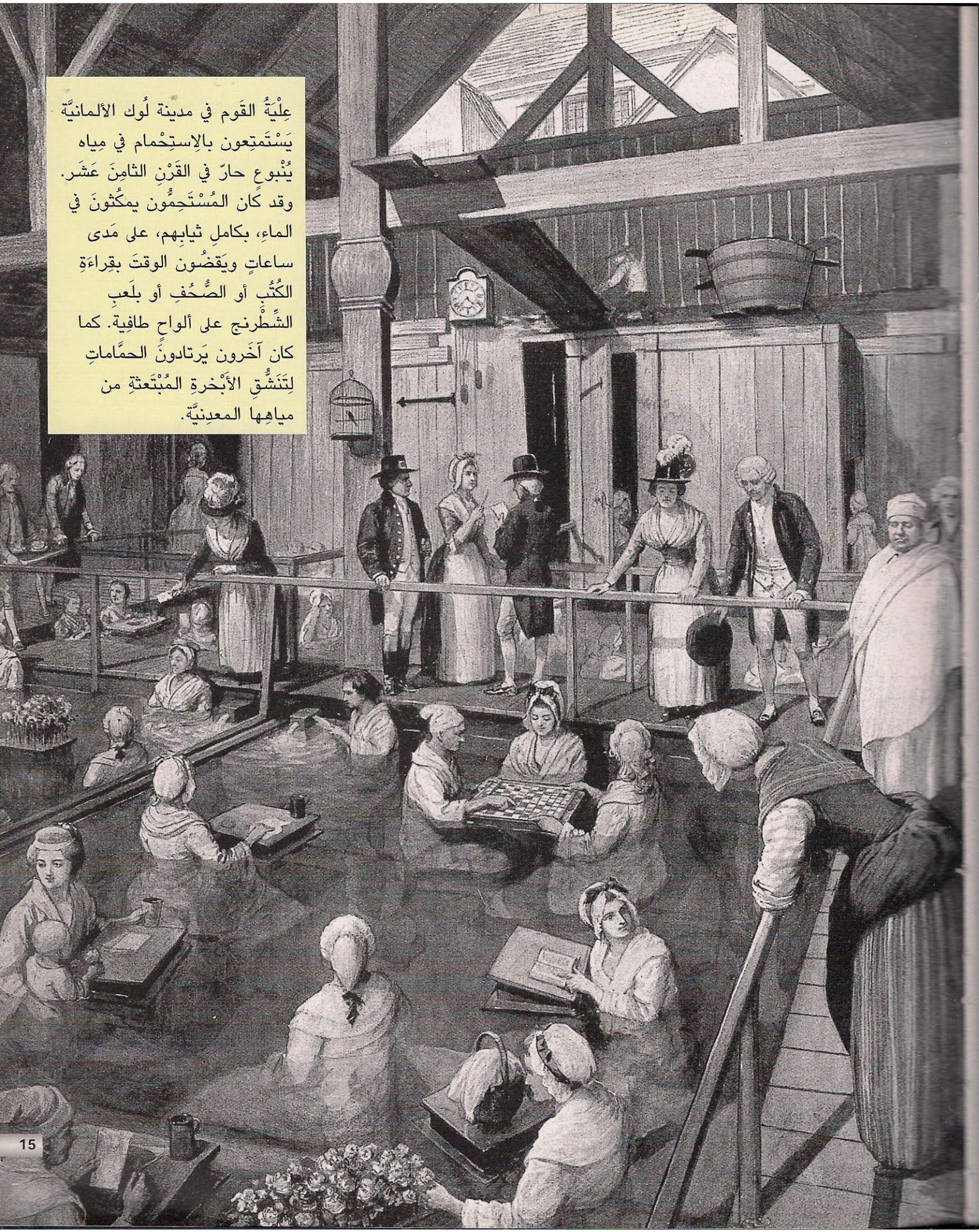
عائلةٌ في راجَسْتان بشَمال غربِ الهِنْد، يَتَكَنْكنون حولَ مَوقدٍ من الحَطَب لِلتدفئة. فلا يَزالُ الحَطَبُ الوَقُودَ الأكثرَ أهميَّةً لِمَلايينِ الناس حاليًّا.



القُدْرةُ الحراريَّةُ الأرضيَّة عَبْرَ التاريخ

لقد أقامَ الرُّومانُ 57 مَغْطِسَ استِحمامٍ بمياهِ الينابيعِ الحارَّة على امْتِدادِ إمبراطوريَّتهم القديمة، من شَمال إفريقية إلى شَمال إنكلترا، ومن إسبانيا إلى تُركيا – اعتِقادًا مِنهُم أنَّ المياهَ المعدنيَّةَ الحارَّةَ مُفيدةٌ لِلصِّحة.

أمّا أوَّلُ مَحطَّةِ قُدْرةٍ حراريَّةٍ أرضيَّة في العالَم فقد أُقيمت في لارْدِرِلُّلو، بإيطاليا، في العام 1903 على أحدِ مواقِعِ الحمَّاماتِ الرُّومانيَّة القديمة. وقد بدأتِ المَحطَّةُ توليدَ الكهرباء في السَّنة التالية. وهي حاليًّا، تُولِّدُ 390 ميغاواط – وهو ما يكفي لِتَزْويدِ قَرْيةٍ صَغيرةٍ بِحاجَتِها من القُدْرةِ الكهربائيَّة.



عِلْيَةُ القَوم في مدينة لُوك الألمانيَّة يَسْتَمتِعون بالإستِحْمام في مِياه يُنْبوعٍ حارّ في القَرْنِ الثامِنَ عَشَر. وقد كان المُسْتَحِمُّون يمكُثونَ في الماءِ، بكاملِ ثيابِهم، على مَدى ساعاتٍ ويَقضُون الوقتَ بقِراءَةِ الكُتُبِ أو الصُّحُفِ أو بلَعبِ الشِّطْرنج على ألواحٍ طافِية. كما كان آخَرون يَرتادونَ الحمَّاماتِ لِتَنَشُّقِ الأَبْخرةِ المُبْتَعثةِ من مياهِها المعدِنيَّة.

قَوالِبُ الخُثِّ والخُثُّ الطَّحين هي من بين المُنْتَجاتِ التي تُصنِّعُها سُلُطاتُ مَجلسِ نَامُونا لتَطْوير الخُثِّ في الجمهوريَّة الإرلَنْديَّة. يُستَخْدمُ مُعْظمُ الخُثِّ المَطْحون في مَحطَّاتِ توليدِ القُدرة حَرَّاقةِ الخُثِّ، التي تُمِدُّ البلادَ بالكهرباء. أمَّا قوالبُ الخُثِّ فتُستَخْدمُ لِلتدفئة في المَنازل والمَكاتبِ والمَصانع.

ماهيَّةُ الخُثّ

يتكوَّنُ الخُثُّ بتَحلُّل النَّباتاتِ جُزْئيًّا في سَبَخات الأراضي المَنْقعيَّة. فالطحالِبُ الناميةُ على السَّطحِ تَذْوي وتموتُ وتغُوصُ ثُمَّ تَنْطمِرُ وتَنْضغِطُ بِثِقْل التُّرْبةِ والنباتاتِ الجديدةِ الناميةِ فوقَها. ولقِلَّةِ الأُكسجين المُتواجِد، لا تَسْتطيعُ البكتِريا تَفْكيكَ النَّباتاتِ المَيْتَةِ بالكامِل. فتَتَراكَمُ بَقاياها الغنِيَّةُ بالكربون مُكوِّنةً الخُثّ.

وعلى مَدَى مَلايين السِّنين، يتحَوَّلُ الخُثُّ إلى فَحْمٍ نصفِ مُتفَحِّم. وقد يبلغُ عمقُ السَّبخةِ الخُثِّيَّةِ عدَّةَ أمتار؛ وتتواجَدُ هذه السَّبَخات في سائرِ أنحاءِ العالَمِ. والمعروفُ أنَّها تُغطِّي ثُلُثَ فنلَنْدا وعُشْرَ الجمهوريَّة الإرلَنْديَّة. كما إنَّ كَنَدا ورُوسيَّا غَنِيَّتان أيضًا بالخُثّ.

الخُثُّ كوَقُود

يَعودُ تاريخُ حَرْقِ الخُثِّ كوَقُودٍ لِلمَنازِلِ إلى العَصْر الرُّومانيّ. وهو لا يَزالُ قيدَ الاستِعْمالِ على نِطاقٍ واسِعٍ، بخاصَّةٍ في المناطقِ حيثُ يقِلُّ عَدَدُ الوُقُودِ الأُخرى. وتَجْري، في الوَقْتِ الحاضِر، تَدْفئةُ مُعْظمِ المُدُنِ في المُدنِ الداخِلِ الفِنْلنديَّة بمَحطَّاتِ قُدْرةٍ تعمَلُ بوَقْد الخُثّ. وفي الجمهوريَّةِ الإرلَنْديَّة يُوَفِّرُ الخُثُّ الطاقةَ لتوليدِ خُمْسِ الكهرباء التي تحتاجُها البلاد. وقد دَشَّنَتْ رُوسيَّا مَحطَّتَها الأُولى العاملة بحَرْقِ الخُثِّ منذُ العام 1914. أمّا الولاياتُ المتحدةُ الأمريكيَّة فلم تَبْدأ استِخْدامَ الخُثِّ على نِطاقٍ واسِعٍ حتَّى العام 1990، عندما دُشِّنَتْ في مِين أوَّلُ مَحطَّةٍ لِتوليدِ الكهرباء في البلاد تَعْملُ بوَقْدِ الخُثّ. وتُسْهِمُ هذه المَحطَّةُ اليومَ بتَوليدِ 22,8 ميغاواط ساعة من الكهرباء.

يُسْتَخْرجُ الخُثُّ من باطِنِ الأرض آلِيًّا، ويُقَطَّعُ كُتَلًا أو قوالبَ، ثُمَّ يُتْرَكُ لِيَجِفَّ. قديمًا، كان استِخْراجُ الخُثِّ يَجْري يَدويًّا. قوالِبُ الخُثِّ الجافَّةُ تُستَخْدَمُ كوَقُود.

مُراقبُ الجُودة يتفَحَّصُ الخُثَّ المُقَطَّعَ يَدويًّا. لِلخُثِّ استِخْداماتٌ عديدةٌ بالإضافةِ إلى استِخْدامِه كوَقُود. فقد استُخْدِمَ حَشايا فِراشٍ، ومادَّةَ بناءٍ، وسمادًا، كما استُخْدِمَ مؤخَّرًا، بفَضْلِ قُدْرتِه الامْتِصاصيَّة، في مُعالَجةِ انْسكاباتِ النِّفْط من الناقِلات.

حَقائقُ ومَعْلومات

النَّشاطُ البَيُولوجيُّ بَطيءٌ جِدًّا في سَبَخاتِ الخُثِّ الرَّطْبةِ الحامضيَّةِ بحيثُ إنَّ الحَيواناتِ التي سقطَتْ فيها منذُ مئاتٍ، أو حتَّى آلافٍ، السِّنين يُمكِنُ أنْ يُعْثَرَ عليها اليومَ مَحْفوظةً بالكاملِ تقريبًا. كما وُجِدَتْ أيضًا مئاتُ الجُثَثِ البَشَريَّة، التي يَزيدُ عُمْرُ بعضِها على 2000 سنة، في السَّبَخاتِ في كُلِّ أنحاءِ أوروبا. ويُعتَقد أنَّ الكثيرَ من تلك الضَحايا كانوا قد قُتِلوا عَمْدًا، رُبَّما كقَرابينَ لِلآلِهةِ الوَثَنيَّة.

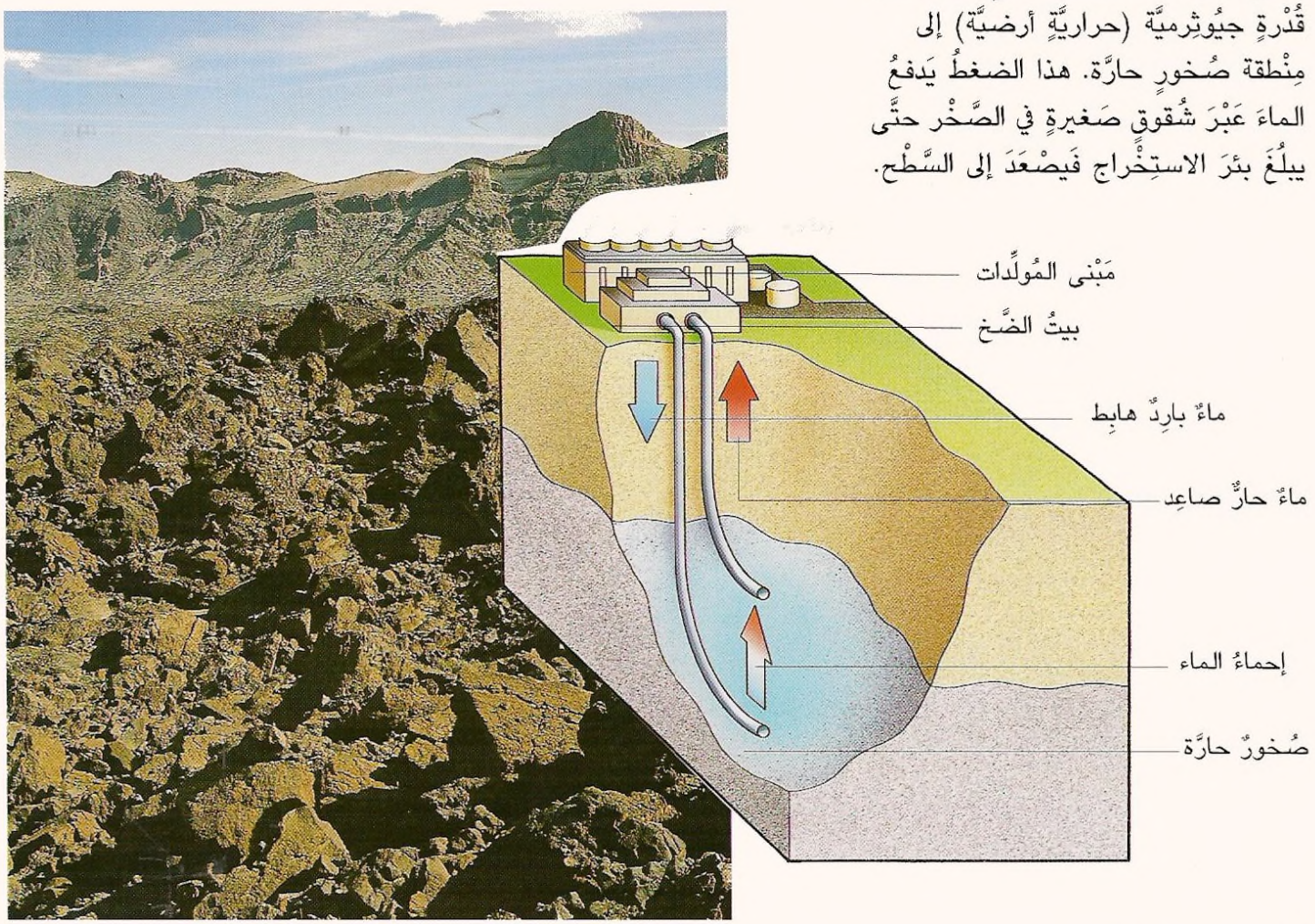
تِقانيَّاتُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيَويَّة

آبارٌ جيُوثِرْميَّة (حَراريَّةٌ أرضيَّة)

الصُّخورُ الحارَّةُ الواقِعةُ على عمقِ بِضْعةِ كيلومتراتٍ من سَطْحِ الأرض يُمكِنُ الوُصولُ إليها بالحَفْر. والمياهُ الجَوفيَّةُ المُنْسابةُ عَبْرَ الشُّقوقِ الصخريَّةِ يُحمِيها الصَّخرُ أحيانًا إلى درجةِ 150°س أو أكثرَ. هذه المياهُ الحارَّةُ يُمكِنُ استِخْراجُها من الآبار الجيوثرميَّة واستِخْدامُ طاقتِها الحراريَّةِ لِتَوليدِ الكَهْرباء.

الماءُ والطِّينُ المُحْمَيانِ بالصُّخورِ الجيوثِرميَّة يَتجَمَّعان في بِرَكٍ على مَقْرُبةٍ من بُحَيْرة ميڤاتْن، بأيْسلَنْدا.

يُضَخُّ الماءُ تحتَ ضغطٍ هائلٍ من مَحطَّةِ قُدْرةٍ جيُوثِرميَّة (حراريَّةٍ أرضيَّة) إلى مِنْطقة صُخورٍ حارَّة. هذا الضغطُ يَدفعُ الماءَ عَبْرَ شُقوقٍ صَغيرةٍ في الصَّخْر حتَّى يبلُغَ بئرَ الاستِخْراج فَيصْعَدَ إلى السَّطْح.

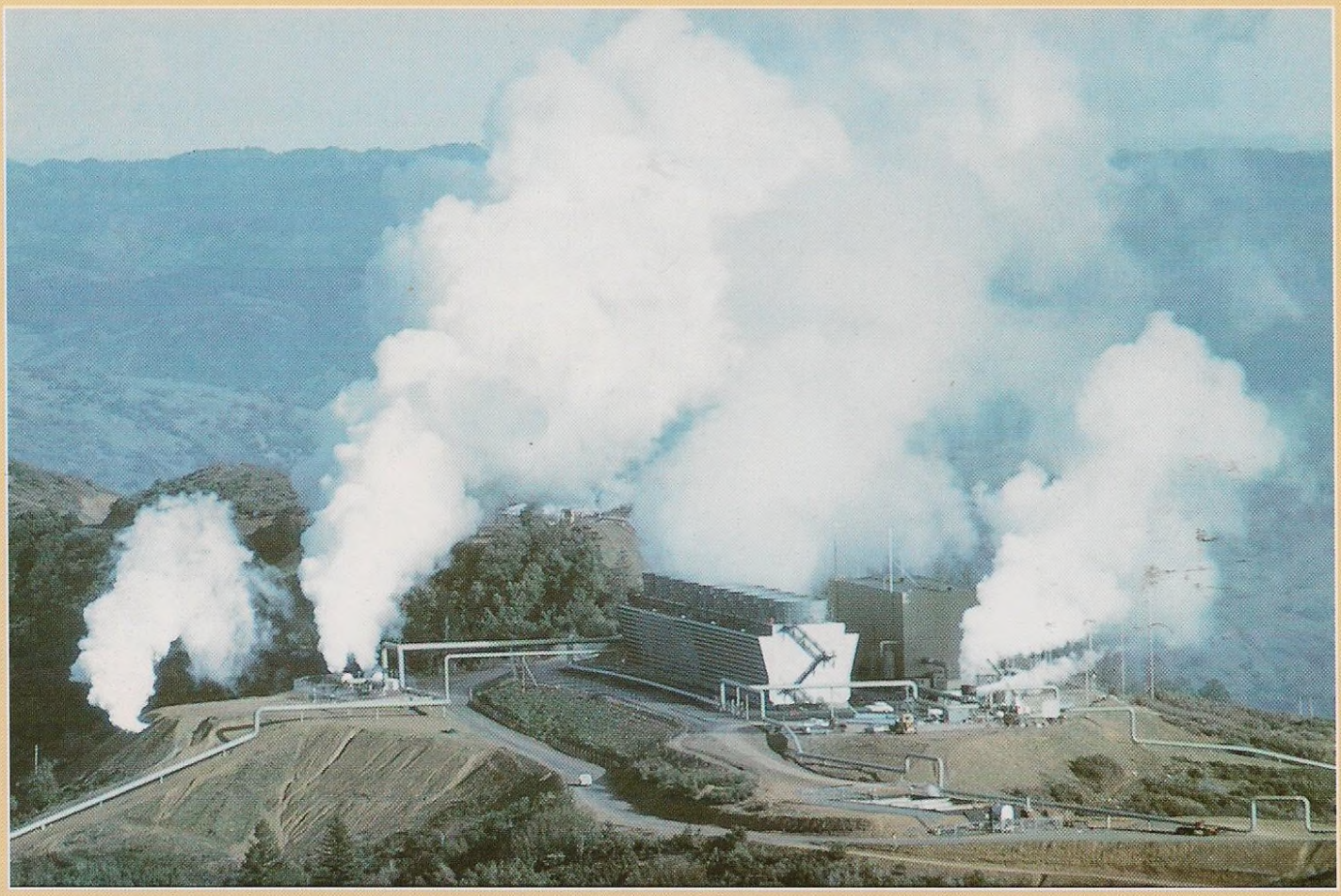


آبارٌ اِصْطناعيَّة

إذا كانت الصخورُ الجَوفيَّةُ الحارَّة جافَّةً، فيُمكِنُ استِحْداثُ بئرٍ جيوثرميَّة اِصْطناعيَّة. وذلك بنَقْرِ ثَقْبين يَبعُدُ واحدُهما عن الآخر مسافةً كافية. ويُضَخُّ الماءُ الباردُ نُزولًا في أحدِ الثقبَيْن ويُسْتَخرجُ ماءً حارًّا، أو بُخارًا من الثَّقبِ الآخر. الماء المُنسابُ في باطن الأرض بين الثقبين يُجمِّعُ الحرارةَ في طريقِه.

وإذا اقْتضتِ الحاجةُ، يُمكِنُ تَفْتيتُ الصَّخْر بالمتفَجِّراتِ لِيَسْمحَ بمُرورِ الماءِ عَبْرَه. أحيانًا تكونُ المياهُ حارَّةً بما يكفي لِتَحوُّل الماءِ إلى بُخار. في هذه الحال تُستَخْلَصُ الحرارةُ من البُخار عند بلوغِه سطحَ الأرض، ويُعاد تكثيفُه ماءً يُضَخُّ مُجدَّدًا إلى جَوفِ الأرض.

حُقولُ اللَّابة القَمَريَّةُ الشَّكْل على الجزيرةِ الإسبانيَّة، تِنِريف، تحكي أنَّ بَراكينَ قد ثارَت هناك سالِفًا. واليومَ لعَلَّ الصُّهارةَ قد تراجعَتْ عميقًا جدًّا نحو باطن الأرض بحيثُ قد يكونُ من غير المُجدي مُحاوَلةُ تَطْويرِ قُدْرةٍ جيُوثِرميَّة (حراريَّة أرضيَّة) منها.



لقد طُوِّرتْ مَحطَّةُ الحَمَّاتِ الحراريَّة الأرضيَّة (الجيوثرميَّة) في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة كمَورِدٍ تجاريٍّ لِلكهرباء بعدَ نجاحِ بحوث الطاقةِ الجيُوثرميَّة في لُوس ألامُوس.

مُخْتبَرُ لُوس ألامُوس القوميّ

في عام 1986، حُفِر بِئران اخْتباريَّتان بعُمق 4 كم في مُخْتبَر لُوس ألامُوس القوميّ في نيومكسيكو، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة؛ وحُقِنَ ماءٌ باردٌ في إحداهما. في قاع البِئر، مَلأَ الماءُ فَجْوةً طبيعيَّةً في الصَّخْر، حيثُ أُحْمِي بطاقةِ الحرارةِ الأرضيَّة.

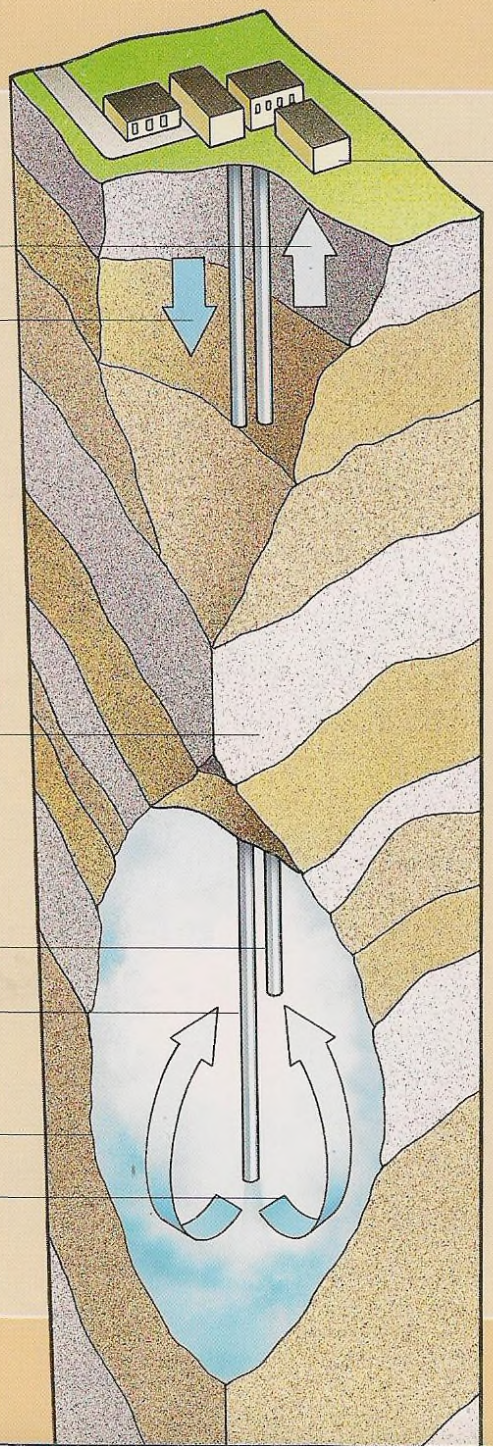
الضَّغْطُ في الفَجْوة عَبْرَ بئر الحَقْن دَفعَ الماءَ صُعُدًا عَبْرَ البِئرِ الثانية، بئرِ الاِستِخْراج أو الإنتاج، إلى الخارج. ولِمَنْعِ الماءِ البارد من الاِنْدفاق مباشرةً من بئر الإنتاج، جُعلَتْ نهايةُ هذه البئر أعلى بفارقٍ كافٍ من قاع بئر الحَقْن. وهكذا، فإنَّ الماءَ لا يُمكِنُه الوُصول إلى بئرِ الإنتاج قبْلَ أنْ يُحْمَى تَمامًا في الفَجْوة.

ميغاواطات من الحرارة الأرضيَّة

عندَ أنْبِثاقِ الماء إلى سَطْحِ الأرض مُجدَّدًا، كانتْ درجةُ حرارتِه قد ارتفعَتْ إلى 190°س. ومن ثُمَّ أُمِرَّ هذا الماءُ عَبْرَ مبادِلٍ حراريٍّ لِاستِخْراجِ طاقتِه الحراريَّة. هذه الطاقةُ حُوِّلَتْ إلى كهرباء، وضُخَّ الماءُ المُبَرَّدُ ثانيةً إلى جَوْفِ الأرض. الطاقةُ الحراريَّةُ المُسْتَعادةُ من الماء في الدورة الواحدة بلغَت 4 ميغاواط من الكهرباء.

حَقائقُ ومَعْلومات

أُقيمَ المُختبَرُ القوميُّ في لُوس ألامُوس، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة، عامَ 1943 كجُزْءٍ من مَشْروعِ مانْهاتِن لِتَطْويرِ أوَّل سِلاحٍ ذرِّيٍّ في العالَم أثناءَ الحَرْبِ العالميَّةِ الثانية (1939-1945). ويَقومُ المُختبَرُ حاليًا بتَنْفيذِ أبحاثٍ علميَّةٍ وتِقنيَّةٍ تَتعَلَّقُ بأمْنِ الولايات المتحدة. إضافةً إلى أبْحاثِ الأسلِحةِ، فإنَّ هذه الأبحاثَ تَشْمَلُ أيضًا مواردَ الطاقة، التي قد تكونُ بأهميَّةِ الأَسْلحةِ لِلأمن القَوميِّ لِلبَلد.



درجةُ الحرارة في بعضِ الفَجَوات الجَوفيَّة قد تبلُغ 300°س. وقد بَيَّنَت اخْتِباراتُ لُوس ألامُوس أنَّ استِخْدامَ الماءِ «كوَسَطٍ ناقِلٍ» لِتَجْميعِ الطاقةِ وجَلْبِها إلى سَطْحِ الأرض هو احتياطيٌّ هائلٌ كمصدرِ طاقةٍ يُمكِنُ استِغلالُه لِتوليدِ الكهرباء.

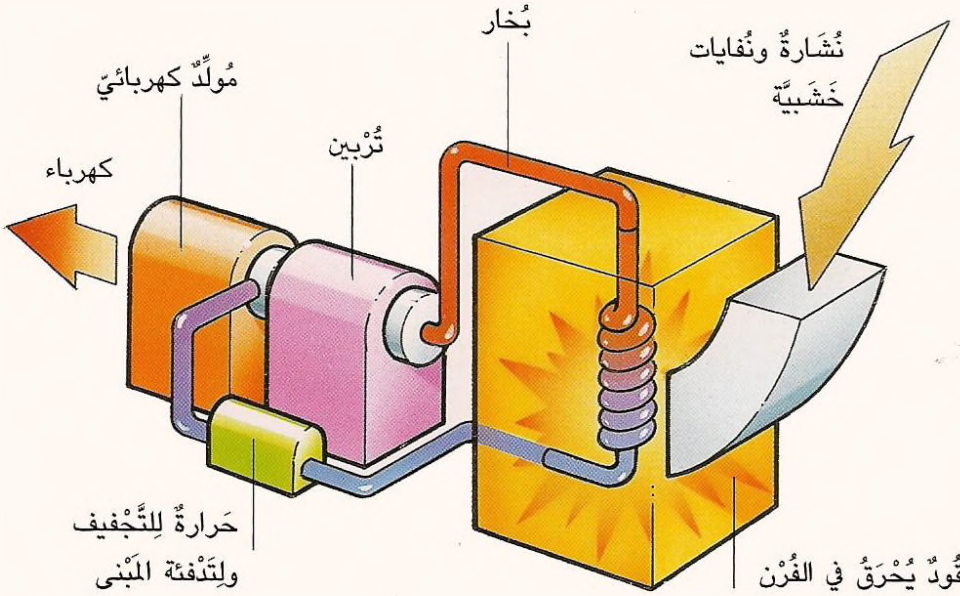
حَرْقُ الكُتْلةِ الحيَويَّة وطَمْرُها

في البُلدانِ الوَفيرة الخَشَب (والحَطَب)، ككَنَدا، تُسْتَخْدمُ مَواقِدُ الحَطب بصورةٍ روتينيَّة لِلطَّبْخ وتَدفئةِ المنازل. وفي مَناشِرِ الأخشاب، تُحرقُ نُفاياتُ الخَشَب وتُستَخْدمُ الحرارةُ المُبْتعثَةُ منها لِتَجْفيفِ الأخشابِ الطريَّةِ الرَّطْبةِ قبْلَ نَشْرِها. وفي مَصانعِ الوَرَق ولُبِّ الخَشَب تُستَخْدمُ الحرارةُ المُبَدَّدةُ لتوليدِ البُخار.

هُنالكَ قَدْرٌ وافِرٌ من الكُتْلةِ الحيَويَّة في النُّفاياتِ المَنْزليَّة التي يَجْري تَقْليديًّا طَمْرُها في مَرادِمَ (مواقِعِ رَدْمٍ) أرضيَّة. لكِنَّ كميَّةَ النُّفايات التي تُنْتِجُها البُلدانُ المُتطوِّرة قد تزايدت بشكلٍ هائلٍ بحيثُ أضحى إيجادُ مَواقعَ جديدةٍ لِطَمْرها كُلِّها مُشكلةً بيئيَّةً عامَّة.

التَّرْميدُ وإعادةُ التَّدْوير

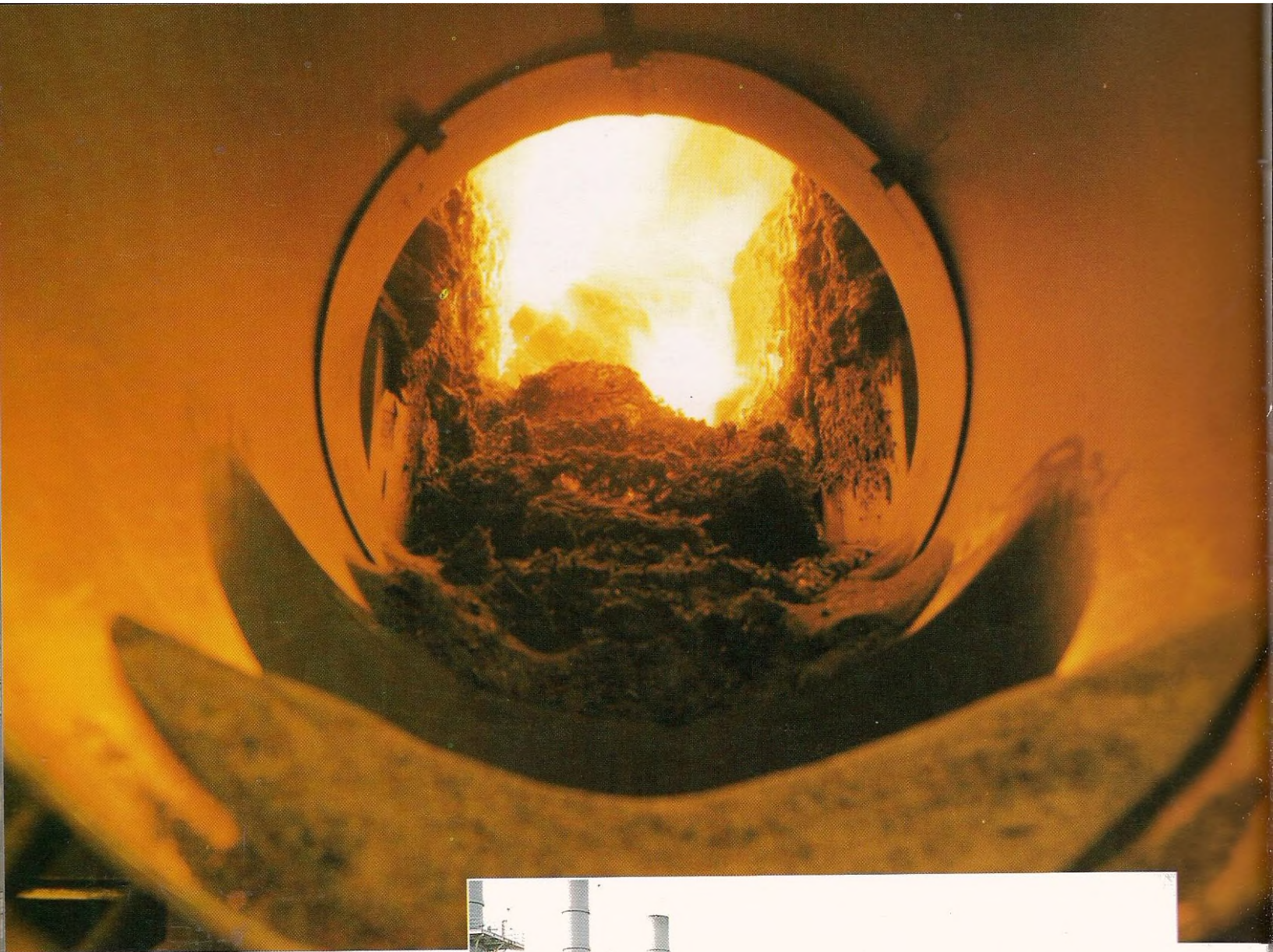
إنَّ كميَّةَ النُّفاياتِ المُفترض طَمْرِها يُمكِنُ إنقاصُها إلى حَدٍّ كبير بإعادة تَدْوير بعضِ موادِّها وحَرْقِ الباقي في مُرَمِّدات. تعمَلُ المُرَمِّدةُ على درجةِ حرارةٍ عالية وتَستَخْلِصُ من النُّفاياتِ طاقةً وفيرة. كذلك فإنَّ درجةَ الحرارةِ العالية تُعَطِّلُ مفعولَ الغازات السامَّة المُبْتَعَثةِ من نُفاياتٍ كاللدائن مَثلًا. ولِضَمانِ حَرْقِ الكُتْلةِ الحيَويَّة بفعاليَّةٍ، يُضَخُّ الهواءُ عَبْرَ طَبَقةٍ رَمْليَّةٍ في قاعِ المُرَمِّدة لِتَوْفيرِ مَدَدٍ ثابتٍ وافِرٍ من الأُكسجين.



حَقائقُ ومَعْلومات

أوَّلُ مُرَمِّدةِ نُفاياتٍ بريطانيَّة مُصَمَّمةٌ كموردِ طاقة على نِطاقٍ واسعٍ بدأتِ العمل في لندن عامَ 1994. وهي تَسْتهلِكُ حوالى 000 500 طُنٍّ من النُّفاياتِ الجامِدة سنَويًّا، وتُولِّدُ 30 ميغاواط من الكهرباء – أي ما يَسُدُّ احْتياجاتِ أكثرَ من 000 60 مَنْزل. بِدايةً تُفْرَزُ النُّفاياتُ لإزالةِ الموادِّ الخَطِرة، أو غيرِ المَرغوبِ فيها، وأيِّ شيءٍ يُمكِنُ إعادةُ تَدْويره. والباقي، الذي يتألَّفُ في غالبيَّتِه من نُفاياتٍ عُضْويَّةٍ وورَقٍ وَلَدائنَ، يُصارُ إلى حَرْقِه لإطلاقِ ما يَخْتزِنُه من طاقة – كوَقودٍ مُشْتَقٍّ من النُّفايات.

تُلقى النُّشارةُ ونُفاياتُ الخَشَب الأُخرى من مَعامِلِ النِّجارة في حُجْرةِ احْتِراقٍ، أو فُرنِ مِرْجَلٍ، وتُحْرَق. الحرارةُ المُبْتعَثةُ تُحَوِّلُ الماءَ إلى بُخارٍ يُديرُ تُرْبينًا ومُوَلِّدًا كهربائيًّا. ثُمَّ يُكثَّفُ البُخارُ ماءً ويُعادُ إلى المِرْجَل. وفي مَساره يُستَخْدمُ البُخارُ لتدفئةِ مَبْنى المَنْشَرة ولِتَجْفيفِ الشَّقَفِ والشَّظايا الخَشَبيَّة التي تُضْغطُ كُتَلًا خَشَبيَّةً اصْطناعيَّةً صالحةً لِلبَيْع.



فَوق: يُحْرَقُ القَشُّ داخِلَ مُرَمِّدةٍ لِتَوليدِ الحرارة. القَشُّ هو السُّوقُ المُجَفَّفةُ لِنَباتاتِ زُروعٍ كالقَمْحِ والشَّعير والشُّوفان.

وَحْدةُ القُدْرةِ هذه في كاليفورنيا، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة تَحْرِقُ نُفاياتِ الخَشَب وفَضَلاتِ المَزارع لِتوليدِ الكهرباء. الحرارةُ المُبْتَعثةُ من النُّفايات المُحترِقةِ تُحَوِّلُ الماءَ إلى بُخار. والبُخارُ يُديرُ مُولِّداتٍ تُرْبينيَّةً لِتوليدِ الكهرباء.

قُدْرةٌ بالمُتعَضِّيات المِجْهريَّة (البَكْتِريا)

أحيانًا تُتْرَكُ الموادُّ العُضْويَّةُ - الكُتْلةُ الحيَويَّةُ - لِتتَعَفَّنَ وتتَحَلَّلَ بفِعْل المُتعَضِّيات المِجْهريَّة البَكْتيريَّة. ففي الهِنْد والصين غالبًا ما يَجْمَعُ الناسُ رَوْثَ الحيواناتِ ويَضَعونَه في خزَّاناتٍ يَنْحَلُّ فيها، بفِعْل البَكْتِريا، ويَبْتعِثُ غازاتٍ تُسْتَخْدمُ لِلطَّبْخِ والتدفِئة، وحتَّى لإدارةِ مُولِّدات كهربائيَّة. والمُتعَضِّياتُ المِجْهريَّةُ التي تَقومُ بتَفكيكِ رَوثِ الحيوانات وتُحلِّلُه هي بَكْتِريا لا حيَوائيَّة، أي من النوع الذي ينمو ويَزدهِرُ حيثُ يقِلُّ أو ينعدِمُ تواجدُ الأُكسجين في الهواء. ويُعزى التوَهُّجُ الغريبُ المَعروف بالوَهْج المُسْتَنْقعيِّ، الذي يُشاهَدُ أحيانًا فوقَ المُسْتَنْقعاتِ إلى مَفْعولِ هذه الكائنات. فالغازاتُ المُبْتَعثةُ من تَحْليلِ البكتِريا لِلنَّبْتِ في المَناقع تتفَجَّرُ فقاقيعَ على سَطْحِ الماء وتلتهِبُ من حينٍ لآخرَ مُحْدِثةً ذلك التوَهُّج.

ثَورانِ مَقْرونان بنيرٍ يَجُرَّان مِحْراثًا عَبْرَ حَقْلٍ من الأرُزِّ في بالي، بإندونيسيا. الحيواناتُ التي تُرَبَّى لأعمالِ المَزارع وتوفيرِ الغذاء، في أنحاءٍ شاسِعةٍ من إفريقية وآسيا والشرق الأقصى، تُنْتِجُ كميَّاتٍ هائلةً من الفَضَلاتِ التي يُمكِنُ تَجْفيفُها وإحراقُها كوَقُود.

قُدْرةُ الغازات الحيَويَّة

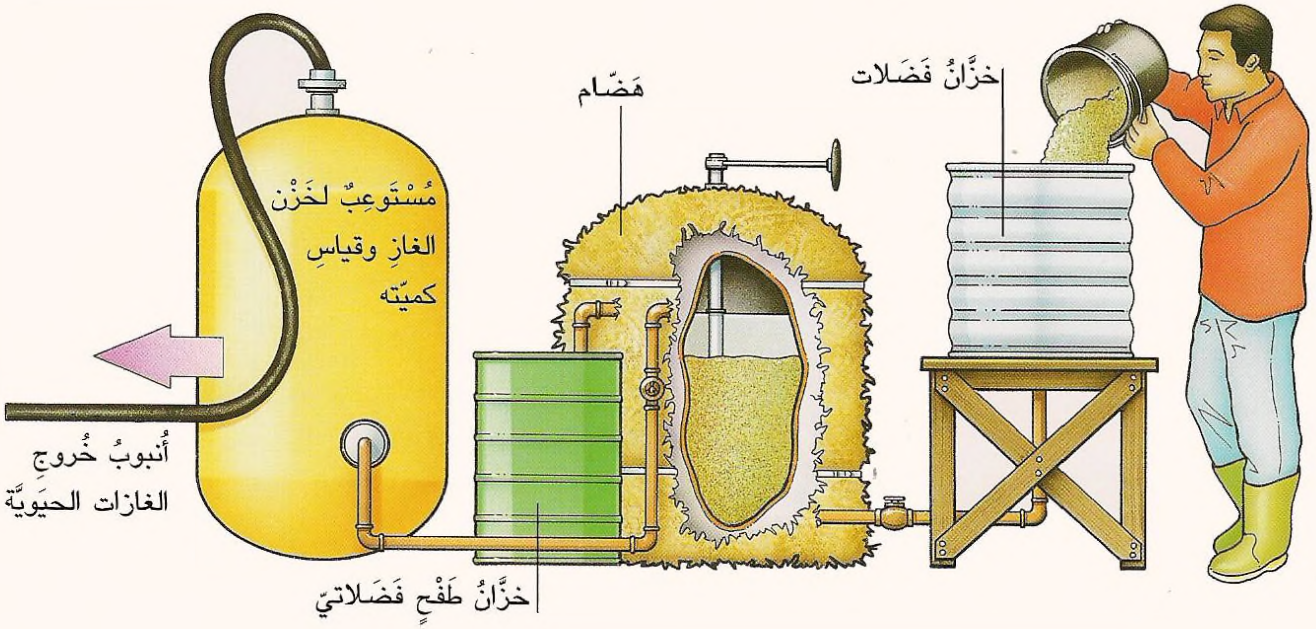
يَسْتطيعُ بَيْتٌ ريفيٌّ توفيرَ مُجمَلِ حاجاتِه الطاقيَّة من الغازاتِ الحيَويَّةِ المُنْتَجةِ من فَضَلاتِ 100 رأسٍ من الماشية. ويُمكِنُ تَحْويلُ الفَضَلاتِ البَشَريَّة إلى غازِ وَقُودٍ بالطريقةِ نَفْسِها. إنّ غازَ الميثان المُستَخْلَص من أقذار المَجارير في بريطانيا يُسْهِمُ بِـ33 ميغاواط من الكهرباء - أي حوالى 2 % من مُجْملِ احْتياجات بريطانيا من الكهرباء - يُضافُ إليها 80 ميغاواط من ميثانِ النُّفايات وَ 130 ميغاواط أُخرى من حَرْقِ النُّفايات - أي إنَّ مُجْملَ قُدرةِ الغازاتِ الحيَويَّة هذه يبلغُ 14,7 % من مُجْملِ الاِحْتياجات الطاقيَّة في بريطانيا.

حَقائقُ ومَعْلومات

الفَضَلاتُ اليوميَّةُ لِفَرْخِ دَجاجٍ تُنْتِجُ حوالى 14 000 سم³ من الغازاتِ الحيَويَّةِ يوميًّا. والفَضَلاتُ اليوميَّةُ لِشَخْصٍ فَردٍ تُنْتِجُ ضِعفَي هذه الكميَّة، أي حوالى 28 000 سم³ من الغازات. وفَضَلاتُ بَقرةٍ واحدة تنتِجُ حوالى 225 000 سم³ يوميًّا، وفَضَلاتُ فَرَسٍ واحد حوالى 255 000 سم³.

إلى اليَسار: تِقْنيٌّ يَفْحصُ مقياسَ الضَّغْطِ في وَحْدةٍ لإنتاجِ الميثان. الميثانُ تُنْتِجُه البَكْتِريا في مَعملٍ لِمُعالجةِ أقذارِ مياهِ المَجارير.

هَضَّامُ الميثان هو مُجَرَّدُ خزَّانٍ كبير. فعِندما تُصَبُّ فَضَلاتُ الحيواناتِ الرَّدَغيَّة في الخزَّان تقومُ البَكْتِريا بِتَحْويلها إلى سُكَّريَّاتٍ وأحماضٍ أبْسَطَ ثُمَّ إلى غازاتٍ يُمكِنُ حَرْقُها كوَقُود.



الوَقْعُ البيئيُّ لِلطاقةِ الحيَويَّة

الحِراجُ والسَّبَخاتُ الخُثِّيَّةُ في سَبيلها إلى الزَّوال في مُختلِف أنحاءِ العالَم نتيجَةً لِاتِّخاذ الناسِ الخَشَبَ والخُثَّ وَقُودًا. فالسَّبَخاتُ الخُثِّيَّةُ، التي يَستَغْرِقُ تكوينُها آلافَ السِّنين، تُدَمَّرُ بإزالةِ الخُثِّ منها. ورُغْمَ إمكانيَّةِ تجديدِ الأشجار بإعادةِ زَرْعِ أنواعٍ سريعةِ النمُوِّ منها، فإنَّ الناسَ أميَلُ إلى تلَمُّسِ الحِراجِ الأبعدِ - منهُم إلى إعادةِ الزَّرْع.

هُنالك أزْمةُ وَقُودٍ خَشَبيٍّ خَطيرةٌ في أجزاءٍ عديدةٍ من العالَم، بخاصَّةٍ في وَسط إفريقية وجنوبيِّها، وفي السَّاحلِ الغربيِّ لأمريكا الجنوبيَّة، كما في النِّيبال، وشماليِّ الهِنْد. إنَّ تَعْريةَ الأرض بقَطْعِ الأشجار يُدمِّرُ التُّرْبةَ بتعريضِها لِسَفيِ الرِّياح وجَرْفِ المَطَر، انتهاءً بالتصحُّر. فالمعروفُ أنَّ جُذورَ الأشجارِ تعمَلُ على تماسُكِ التُّرْبةِ وحمايَتِها.

الخَشَبُ (أو الحَطَب) هو أكثَرُ الوُقُودِ استِخْدامًا لِلطَّبْخ والتدفِئة في العالَم الثالِث. ومع تَزايُد عددِ السُّكَّان، فإنَّ الطَّلَبَ على خَشَب الوَقُود يَتزايدُ أيضًا. لكِنْ لا يتوافَرُ دائمًا ما يكفي من الخَشَب لِمُواجهةِ هذا الطَّلَبِ المُتَزايد. هذه الخريطةُ تُبيِّنُ المَدى الشاسِعَ للنَّقصِ الحاصلِ حاليًّا في خَشَبِ الوَقُودِ في العالَم.

الحمُوُّ العالميُّ

الكُتْلةُ الحيَويَّةُ تَحْوي الكربون. وحَرْقُ الكُتْلةِ الحيَويَّةِ يُطلِقُ الكربونَ في الجَوِّ كغازِ ثاني أُكسيد الكربون، الذي يُسَمَّى في سياق الحمُوِّ العالميّ «غازَ دَفيئات». فالكثيرُ من العُلماء يرتأون أنَّ غازاتِ الدَّفيئات هي سبَبُ الحمُوِّ العالميّ. والواقعُ أنَّ حَرْقَ الكُتْلةِ الحيَويَّةِ أقلُّ إضرارًا بالبيئةِ من حَرْقِ الوُقُدِ الأُحْفوريَّة كالفَحْمِ أو النِّفْط. فحَرْقُ الكُتْلةِ الحيَويَّة هو مُجَرَّدُ تدويرُ ثاني أُكسيد الكربون المتواجدِ في جَوِّنا اليومَ وليسَ إطلاقَ كميَّاتٍ إضافيَّةٍ من ثاني أُكسيد الكربون الذي كان مُحْتَبسًا على مَدَى مَلايينِ السِّنين بعيدًا عن جَوِّنا.

تحت: جَمْعُ الحطَبِ لِلوَقُود في كِرَالا، بجَنوب الهِنْد. الناسُ في أنحاءٍ عديدةٍ من العالَم الثالث يُواجهونَ مُشْكلةً يوميَّةً في إيجادِ ما يكفي من الحَطَب وَقُودًا لمَواقدِهم.

تحت: أكياسٌ من النُّفايات المَنْزليَّة مُكدَّسةٌ في موقعِ رَدْمٍ أرضيّ. هذه النُّفاياتُ ستُطْمَرُ بالتُّراب وستَنْطلِقُ الغازاتُ المُبْتعَثةُ من تعفُّنِ الكُتْلةِ الحيَويَّة، في المَرادِم، لِتُستَخْدمَ كوَقُود.

فَوق: المياهُ الحارَّةُ الطبيعيَّةُ من مَصادِرَ حراريَّةٍ أرضيَّة أو من مُنْصَرَفاتِ مَحطَّةِ قُدْرةٍ جِيُوثِرْميَّة يُمكِنُ استِخْدامُها لإحماءِ الدَّفيئة.

فوق إلى اليَسار: يَتصاعَدُ البُخارُ من المُكَثِّفاتِ والأنابيبِ في مَحطَّةِ أُلْكاريا لِلْقُدْرةِ الجيُوثِرْميَّة قُربَ نيڤاشا، في كينيا.

الوَقْعُ البِيئيُّ لِلطاقة الجِيُوثِرميَّة

مَحطَّاتُ القُدْرةِ الجيُوثِرميَّة أَلْطَفُ بالبيئة من مَحطَّاتِ القُدْرةِ الأُخرى. فهيَ تَسْتَخْدِمُ مَصْدرًا مُتَجَدِّدًا من الطاقةِ وتُنتِجُ، في النادِرِ، القليلَ من الغازاتِ المُؤذيةِ أو الفَضَلاتِ الخَطِرة. وهي تُطْلِقُ أيضًا كميَّاتٍ أقلَّ من أُكسيد النِّتْروز الذي يُكَوِّنُ غازَ الأُوزون. والمَعروف أنَّ الأوزون نافِعٌ جِدًّا في أعالي الجَوِّ إذْ يَقي الكائناتِ الحيَّةَ من الأشِعَّةِ فوقَ البَنَفْسجيَّة المُؤذيَة في ضوءِ الشَّمْس؛ لكِنَّه يُعْتَبرُ من المُلَوِّثاتِ في مُسْتَوى سَطْحِ الأرض.

سَلْبيَّاتُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة

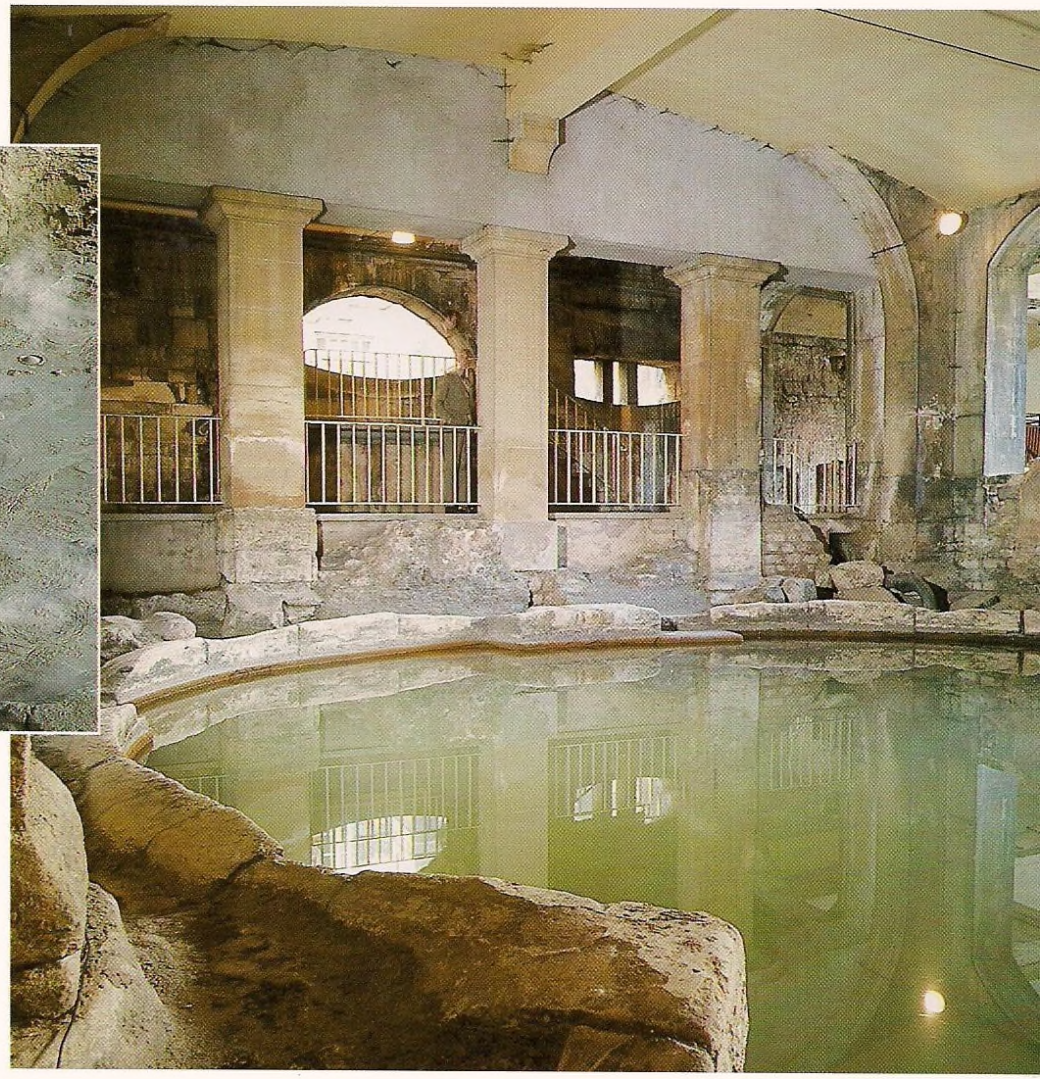
بعضُ الناسِ يُقْلِقُهم استِخْراجُ كميَّاتٍ كبيرةٍ من المياهِ الجَوفيَّة. فالماءُ المُسْتَخْدَمُ في مَحطَّةِ قُدْرةٍ جِيُوثِرْميَّة يَنْبغي إعادَةُ حَقْنِه في الأرض لِمَنْعِ انْخِفاضِ مُسْتَوى المياهِ الجَوفيَّة. لأنَّه بانْخِفاضِ مُسْتَوى المياهِ الجَوفيَّةِ قد تَنْكَمِشُ اليابِسَةُ فوقَه وتَغُوص.

كذلك فإنَّ الغازاتِ الجَوفيَّةَ التي تَنْفلِتُ من مَحطَّاتِ القُدْرةِ الجِيُوثِرْميَّة إلى هواءِ الجَوِّ قد تكونُ كَريهةَ الرائحة وتُسَبِّبُ تلَوُّثَ الهواء وضَجيجًا فائقَ الحَدّ. ويُقارِنُ العارفونَ ضَجيجَ الأَبْخرةِ والغازات المَضْغوطةِ المُنْطَلِقةِ من الصهاريج قبْلَ تَنْظيفِها، بالضَّجيجِ الذي تُحْدِثُه طائرةُ رُكَّابٍ نفَّاثةٌ عندَ الإقلاع.

حَقائقُ ومَعْلومات

مَحطَّةُ القُدْرة الجِيُوثِرْميَّة (الحراريَّة الأرضيَّة)، في جزيرة هاوَاي، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة، التي تُنْتِجُ 30 ميغاواط من الكهرباء، تُخَفِّضُ استِيرادَ الجزيرةِ للنِّفْط بِمُعَدَّل 500 000 برميل (أو 79,5 مليون لِتْر) سنَويًّا. إنَّ عَدمَ حَرْقِ هذه الكميَّةِ من النِّفْطِ يُخَفِّضُ ابْتِعاثاتِ ثاني أُكسيد الكربون في هاوَاي بِمُعَدَّل 220 000 طُنّ. وحيثُ إنَّ الجَزيرةَ تَتلَقَّى النِّفْطَ بالناقلات، فإنَّ تَخْفيضَ الحاجةِ إلى النِّفْط يُخَفِّضُ أيضًا خَطرَ انْدِلاقاتِه في البَحْر.

غازُ الميثان المُبتعَثُ من مَرْدَمٍ أرضيٍّ يَحْترِقُ بلَهَبٍ أزْرَقَ صافٍ. والميثانُ، بخِلافِ الفَحْم، يَحْترِقُ دُونَ إنتاجِ أيِّ غازاتٍ سامَّةٍ – أو إطلاقِ أيِّ جُسَيْماتٍ تُلَوِّثُ الهَواء.



فَوق: يُبَقْبقُ الطِّينُ، في چَلْبِرنْغو على شِبْهِ جزيرة ريكينْز في أَيْسلَنْدا، كحَسَى رَماديٍّ يَغْلي. إنَّ بِرَكَ الطِّينِ الحارِّ شائعَةٌ في مَناطقِ النَّشاطِ البُركانيّ.

عندما اكتشَفَ الرُّومانُ مَوقعَ الحَمَّاتِ (اليَنابيعَ الحارَّة) الطبيعيَّة في إنكلترا في القَرْنِ الأوَّلِ للمِيلاد، أقاموا حمَّاماتٍ على مَقْرُبةٍ من ذلك المَوقِع. وسُمِّيَتِ المدينَةُ التي نشَأَتْ حَوالَيها أكْوَا سُوليس ثُمَّ تغَيَّر اسمُها إلى باث.

اليَنابيعُ الحارَّة

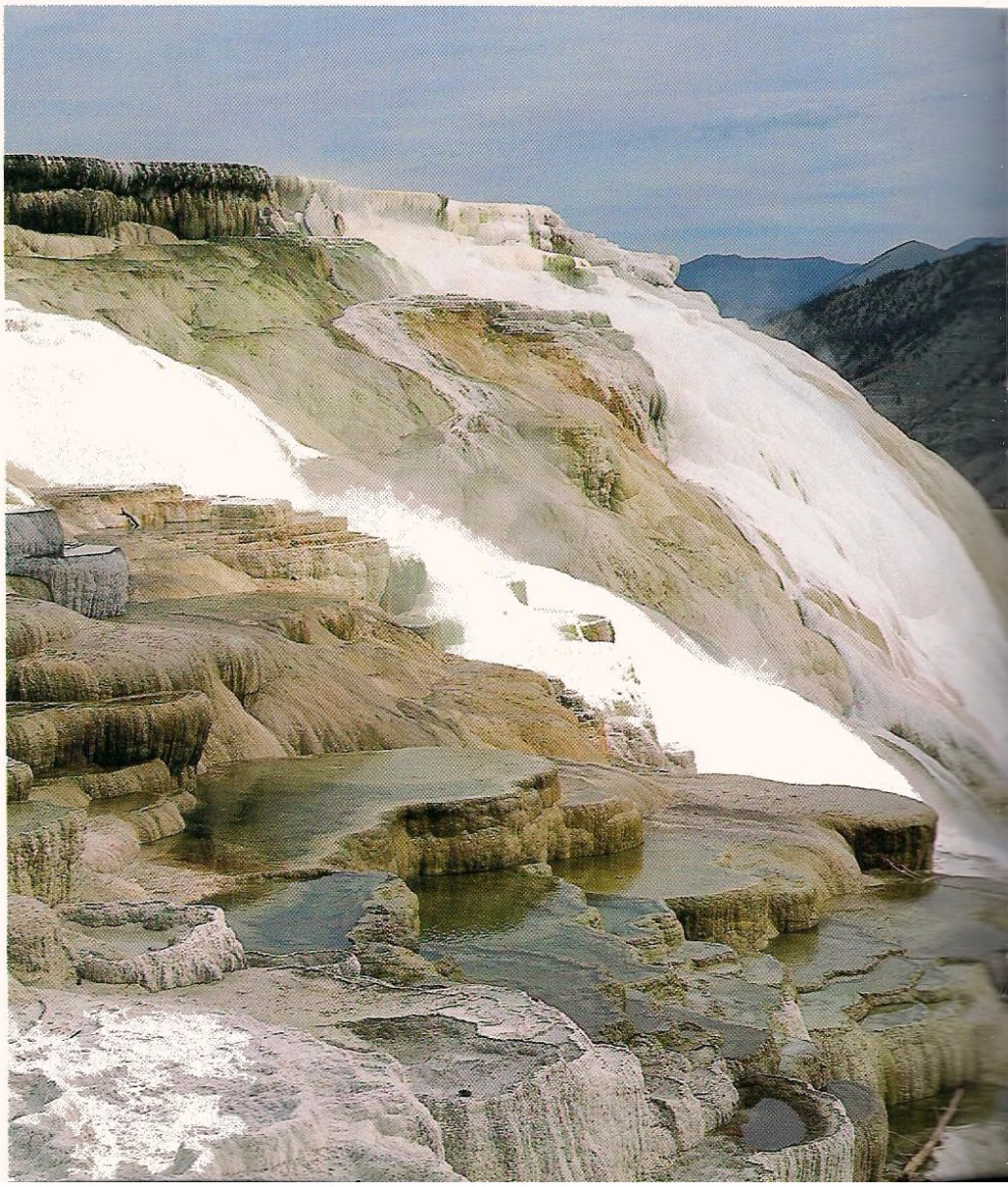
تَظْهَرُ الينابيعُ الحارَّةُ حَيثُ يتَفَجَّرُ الماءُ المُحْمَى بالصُّخورِ الجَوفيَّةِ الحارَّة، أو بالنَّشاط البُرْكانيِّ، فوقَ سَطْحِ الأرض. وهي شائعةٌ في أَيْسلَندا ونيوزيلَنْدا والمناطقِ البُركانيَّةِ الأُخرى حولَ العالَم كمُتنَزَّهَي يَلُوسْتون وهُتْ سْبرِنْغز القوميَّيْن في الولايات المتحدة الأمريكيَّة.

في بعضِ المناطقِ البُركانيَّة من العالَم، تَمْتَزِجُ جُسَيْماتٌ صَخْريَّةٌ ذَروريَّةٌ بمياهِ اليَنابيع الحارَّة، مُكَوِّنةً بِرَكًا طِينيَّةً حارَّةً مُبَقْبِقةً كأنَّها بَراكينُ طِينيَّة.

تَدفئةُ المَباني باليَنابيع الحارَّة

في أجزاءٍ من رِيكْياڤيك، عاصِمَةِ أَيْسلَندا، تُدَفّأُ المباني بمياهٍ تُنْقَلُ بالأنابيب من الينابيعِ الحارَّة المُجاورة. وكان الرُّومانُ قد اكتَشفوا الينابيعَ الحارَّةَ في بادِن بادِن وحوالَيها، بألمانيا، وطوَّروها؛ وهي لا تزالُ تُستَخْدَمُ للِاسْتِحمامِ والشُّرْبِ مُنْذُ 2000 سنة.

لقد اعتقَدَ الرُّومانُ أنَّ المياهَ المُحْماةَ بالحرارةِ الأرضيَّة الجَوفيَّة تُشْفي الأَمْراضَ والعِلَل عُمومًا. وهم لم يقْصُروا اهْتِمامَهم على إقامةِ الكَثير من الحمَّاماتِ فحَسْب، بَلْ عَمَدوا أيضًا إلى تَدْفئةِ مَباني تِلك الحمَّامات بإمرارِ أنابيبِ البُخارِ الحارِّ من الينابيع عَبْرَها.



حَقائقُ ومَعْلومات

بينَما كان فريقٌ من العُمَّال يَمُدُّون سِكَّةَ حديد الباسيفيك الكَنَديَّة عام 1883، شاهدوا ما حَسِبُوه دُخانًا يَتصاعَدُ من ثَقْبٍ في الأرض. وعندما تفَحَّصُوه عن كَثَبٍ وَجَدوا أنَّه بُخارٌ مُنْبَعِثٌ من ينابيعَ حارَّةٍ طبيعيَّة. واجتذبَتْ تلكَ الينابيعُ زُوَّارًا عَديدين، وأُقيمَ فُنْدقٌ لاستِقْبالِهم. ولم يَمْضِ طويلُ وَقْتٍ حتَّى نَمَتْ مَدينةُ بانْف حولَه. فكان ذلك أوَّلَ مَوردٍ جِيوثِرْميّ يَجْري تَطْويرُه في كَنَدا؛ وقَد أصبحَ لاحقًا مُتنَزَّهَ كَنَدا القوميَّ الأوَّل.

المياهُ الغنِيَّةُ بالمَعادن المُنْسابةُ رَقْراقةً في مامُّوث سبرِنْغز في مُتنَزَّه يَلُوسْتون القوميّ في وايُومنغ، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة، شَكَّلَتِ الصَّخْرَ مَصاطِبَ عَريضةً مُسَطَّحةً حتّى ارتفاعِ 90 مترًا. فمعَ انسيابِ المياه فوقَ الصَّخْر، تُخَلِّفُ وراءَها قُرارةً من التراڤَرْتين – وهي تَرَسُّباتٌ جِيريَّةٌ من مياهِ الينابيع الحارَّة. وفي بَعض هذه البِرَكِ تَنْمو طحالِبُ زاهيَةُ الأَلْوان.

حَقائقُ ومَعْلومات

أطولُ حَمَّةٍ في العالَم هي حمَّةُ الستِيْمبُوت الفوَّارةُ بالماءِ السَّاخنِ والبُخار في مُتنزَّه يَلُوسْتون القوميّ، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة - إذْ تَسْتطيعُ قَذْفَ مياهِها إلى علُوٍّ حوالى 115 م. أمَّا الحَمَّةُ التي سَجَّلتِ الرَّقْمَ القياسيَّ الأعلى في العالَم، فكانت حَمَّةُ وَايْمَنْجو في نيوزيلَنْدا، التي بلغَ ارْتفاعُ نافورَتها 460 م؛ لكِنَّها خمَدَتْ مُنْذُ العام 1904.

هذه الحَمَّةُ على جزيرة لانْزاروت تَقذِفُ نافورتَها من الماءِ والبُخار بِقُوَّةٍ هائلة.

اِستِخْداماتُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيويَّة

الحَمَّات

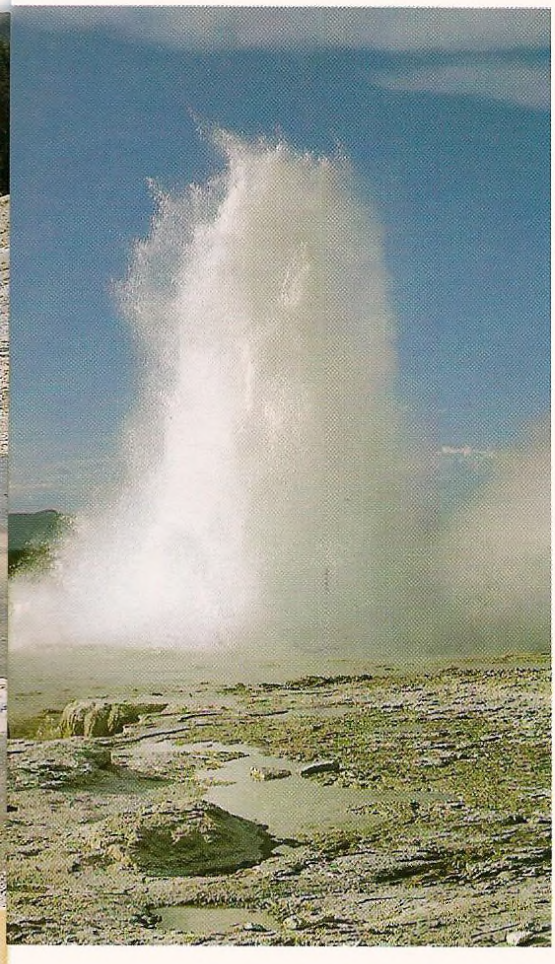
الحَمَّاتُ من أكثرِ مَظاهِرِ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة إثارةً ورَوْعة. فالماءُ النَّضيضُ نُزولًا عَبْرَ شَقٍّ أرضيٍّ يُقابِلُ صَخرًا فائق الإحرار يجعَلُ ماءَ القاع يَغْلي. فيدفَعُ الماءُ الحارُّ الماءَ فوقَه صُعُدًا. وبارْتِفاعِ الماءِ يتناقَصُ الوَزْنُ الضاغِطُ سَفْلًا على العَمودِ المائيّ.

ومعَ ٱنْخِفاضِ الضغطِ فوقَ ماءٍ يَغْلي يتحَوَّلُ الماءُ وَمضِيًّا إلى بُخار. وبتَمَدُّدِ البُخارِ الفُجائيّ يُقْذَفُ باقي العمود المائيّ خارِجَ الشَّقِّ - مُنْبجِسًا من الأرض كنافورةٍ طويلةٍ مُجَلجِلةٍ من البُخار والماء. ويَتَراوحُ ٱرْتِفاعُ الحَمَّة عادةً بين المِتْرِ والمِئةِ متر؛ وقد تمتَدُّ الفَتْرةُ الفاصِلَةُ بين ثَورانَيْن من بِضْعِ ثوانٍ إلى عِدَّةِ ساعات.

غَزارةُ الحَمَّات

جميعُ حَمَّاتِ العالَم تقريبًا توجَد في نيوزيلَنْدا وأيْسلَنْدا والولايات المتحدة الأمريكيَّة ورُوسيّا. وتَظْهَرُ غالبًا في مناطقِ البَراكين الناشطة. ففي أيْسلَنْدا تتواجَدُ عَشَراتُ الحَمَّات على مَقْرُبةٍ من رِيكياڤيك، عاصمةِ أيْسلَنْدا، لا تبعدُ واحدتُها عن الأُخرى سِوى بضعة كيلومترات.

إحدى أكثرِ الحَمَّات رَوْعةً في العالَم هي حَمَّةُ چيْزير في أيْسلَنْدا التي من ٱسمِها اشتُقَّ اللفظُ الأجنبيُّ لِلحَمّات في الكثير من اللُّغات. في هذه الحَمَّة يرتَفِعُ عمودُ الماءِ حوالى 60 مترًا بِفَتْرةٍ فاصِلةٍ تمتَدُّ من 5 إلى 36 ساعة. أمَّا الحَمَّةُ الأكثرُ تكراريَّةَ ثَورانٍ فهي حَمَّةُ ستروكُور، أيضًا في أيْسلَنْدا، التي تَثورُ كُلَّ ثلاثِ دقائق - فيما تَثورُ حَمَّةُ ڤِليكان على شِبْه جزيرة كامْشَتْكا في رُوسيّا، كُلَّ 3 ساعات.



ماءٌ وبُخارٌ يَنْبَجِسانِ من حَمَّةٍ في حَوْضِ نُوريس چيزَر في مُتنَزَّه يَلُوسْتون القوميّ، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة. ويَشْتهِرُ هذا المُتنَزَّهُ بأنَّه يَحْوي أعظمَ تجَمُّعٍ للحَمَّات في العالَم.

أُولْد فِيثْفُل في مُتَنَزَّه يَلُوسْتون القوميّ

أقدَمُ مُتَنَزَّهٍ قوميٍّ في العالَم يقَعُ في ولايةِ وايُومِنْغ، بالولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة. ومُعظمُ مَناظِرِه الطبيعيَّةِ الأخَّاذة قد شكَّلَتْها البَراكينُ التي ثارَتْ هناك منذُ أكثرَ من 50 000 سنة. ولا يَزالُ الصَّخْرُ المَصْهورُ قَريبًا جِدًّا من سَطحِ الأرض بحيثُ يُكَوِّنُ آلافَ الينابيعِ الحارَّةِ وبِرَكَ الطينِ الغلياني والحَمَّاتِ الرائعةَ المَنْظَر. وأَشهَرُ حَمَّاتِ المُتنَزَّه هي حَمَّةُ أُولْد فِيثْفُل، وهي ليسَتِ الأطولَ في العالَم لكِنَّها الحَمَّةُ التي يُتَنَبَّأُ بمَوعِدِ ثَورانِها بالدِّقةِ الأكثَر.

آلافُ السُّيَّاح يَزورون مُتنَزَّهَ يَلُوسْتون القوميّ سنَويًّا لِمُشاهدةِ أُولْد فِيثْفُل في ثَورانها. وهُم لنْ يُصابوا بخَيْبةِ أملٍ لأنَّ الحَمَّةَ لا تتخَلَّفُ أبدًا عن القيامِ بدَورها.

تَقْبَعُ حَمَّةُ أُولْد فِيثْفُل هامِدةً، لكنْ ليسَ لِفَتْرةٍ طويلة. فالمياهُ الجَوفيَّةُ العميقةُ دائمةُ الانسيابِ نُزولاً نحو الصُّهارةِ الحارَّة التي تُحَوِّلُ الماءَ وَمْضيًّا إلى بُخارٍ وتَقذِفُه خارجًا مع عَشَراتِ آلافِ اللِّتْرات من المياهِ فوقَه.

إحصائيَّاتٌ حيَويَّةٌ عن أُولْد فِيثْفُل

تَثورُ أُولْد فِيثْفُل مَرَّةً كُلَّ 37 إلى 93 دقيقةً مُنْبَجِسةً إلى ارْتفاعٍ قد يبلغُ 52 مترًا. أمَّا تعيينُ الزَّمنِ الفاصِل بينَ فَتَراتِ الثَّوَران بدِقَّة، فيَعْتمِدُ على قُوَّةِ الثَّورانِ السَّابق – فالتوقُّفُ أطولُ بعدَ التفَجُّرِ الأكبَر.

وفي كُلِّ تفَجُّرٍ إفراغيٍّ عَبْرَ قِمَّةِ أُولْد فِيثْفُل تقذِفُ الحمَّةُ حوالى 40 000 لِتْرٍ من الماءِ في الجَوّ. وقبْلَ ثورانِها الرئيسيِّ مُباشَرةً، تَبْتعِثُ سِلْسِلةً من النوافير المائيَّةِ الصغيرة التي قد يَبْلغُ ارْتِفاعُها 7 أمتار.

مَحطَّاتُ القُدْرةِ الجِيُوثِرْميَّة (الحراريَّة الأرضيَّة)

تُوجَدُ مُعظَمُ مَحطَّاتِ القُدْرةِ الجِيُوثِرْميَّة في العالَم في إيطاليا ونيوزيلَنْدا والولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة والمَكْسيك واليابان ورُوسيّا. لكِنَّ كثْرةً من البُلْدانِ الأُخرى شرعَتْ بتَطْويرِ قُدْرةٍ جيُوثِرميَّة؛ وكانت السَّلڤادور أوَّلَ بلَدٍ في أمريكا الوُسْطى يَقومُ بذلك. أمَّا في مِنْطقةِ المُحيطِ الهادي، فقد غدَتِ الفيليبين ثاني أكبَرِ مُنْتجٍ لِلقُدْرةِ الجيُوثِرميَّة في العالَم بعدَ الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة.

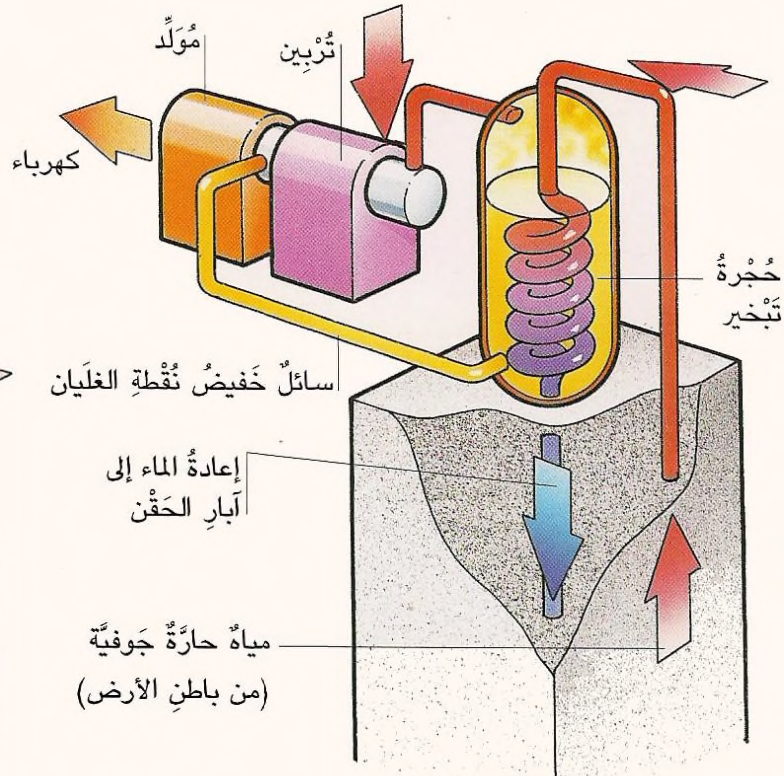
قُدْرَةٌ من الطاقة الحراريَّة

أحيانًا يُمكِنُ استِخْدامُ البُخارِ الجَوف أرضيّ مُباشَرةً لإدارةِ التُّربيناتِ والمُولِّداتِ الكَهرَبائيَّة في مَحطَّةِ القُدْرةِ، كما هي الحالُ في مَحطَّةِ الچيزَرْز في الولايات المتحدة الأمريكيَّة. لكِنَّ مُعظَمَ مَحطَّاتِ القُدْرةِ الجيُوثِرميَّة مُضطرَّةٌ لِتسخير المياهِ الجَوفيَّة لِلقيامِ بذلك. وإذا كانتِ المياهُ حارَّةً بما فيه الكِفايَة، فإنَّه يُمكِنُ ببَساطةٍ تَحْويلُها إلى بُخارٍ بِتَخْفيضِ ضغطِ الهواءِ فوقَها مِمّا يُفسِحُ لِلبُخارِ حيِّزًا للتَّمَدُّد.

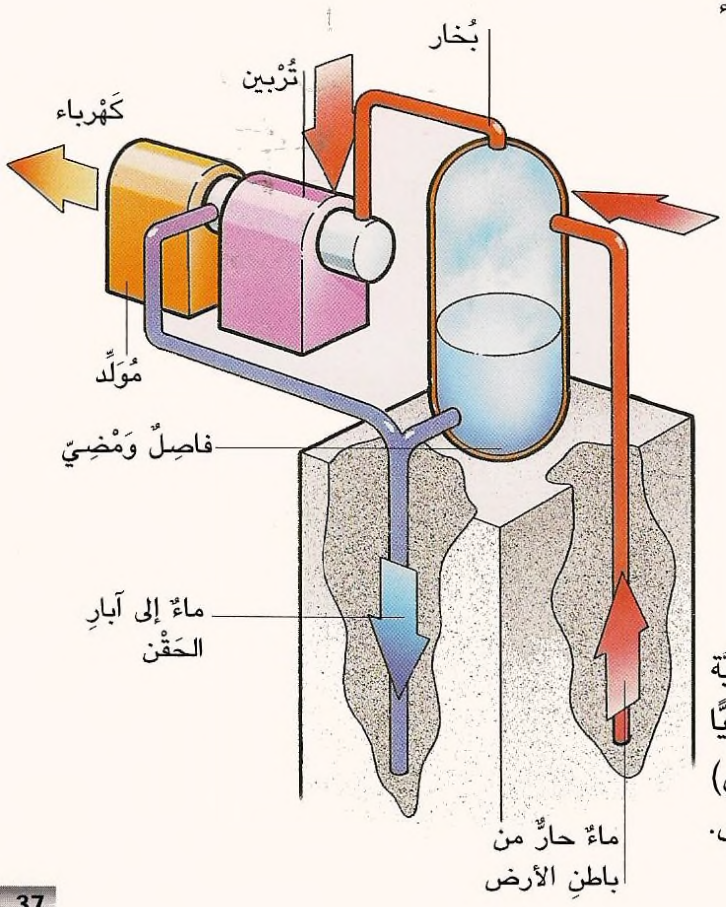
تُمَدُّ الأنابيبُ تحتَ إحدى الطُّرُقِ في رِيكْياڤيك، بأيْسلَنْدا ناقِلَةً المياهَ الحارَّةَ من مَصْدرٍ جيُوثِرميٍّ قَريب. إنَّ انْتِشارَ الحرارةِ من الأنابيب إلى الأرضِ المُكْتَنِفة يُساعِدُ في إبقاءِ سطحِ الطريق خاليًا من الجَليد.

غالبًا ما تكونُ المياهُ الجَوفيَّةُ من باطنِ الأرضِ أبرَدَ ممّا وصَفْنا سالِفًا. فتُسْتَخْدَمُ المياهُ حينئذٍ لِتَوليدِ بُخارٍ بتَسْخينِ سائلٍ ثانٍ درجةُ غلَيانِه أخفَضُ من دَرجةِ غلَيانِ الماء. ويُسْتَخْدَمُ هذا البُخارُ لإدارةِ التُّربينات. وبعدَ مُرورِ البُخارِ أو المياهِ الحارَّة عبْرَ مَحطَّةِ القُدْرة، فإنَّها تَظَلُّ حارَّةً بما فيه الكِفاية لِتُسْتَخْدَمَ في تَدْفِئةِ المَباني أو الدَّفيئات.

عندما تَتَراوحُ دَرجةُ حرارةِ المياه الجَوفيَّةِ بينَ 100°س وَ 175°س، تُسْتَخْدَمُ وَحْدةٌ ثُنائيَّة. فيُسْتَخْدمُ الماءُ لِتَبْخيرِ سائلٍ ثانٍ دَرجةُ غلَيانِه أخفَضُ من دَرجةِ غلَيانِ الماء. ويُسْتَخْدمُ البُخارُ المُتَصاعِدُ من هذا السَّائل لإدارةِ التُّربينات، ثُمَّ يُكَثَّفُ البُخارُ لِيُسْتَخْدمَ كَسائلٍ من جَديد.



تُسْتَخْدَمُ وَحْدةٌ وَمْضيَّةٌ عندما تكونُ درجةُ حرارة المياه الجَوفيَّة 175°س أو أكثَر. فَيُنْقَلُ الماءُ الحارُّ بالأنابيب إلى السَّطْح ويُحَوَّلُ وَمْضيًّا إلى بُخار (بِخَفْض الضغط داخلَ خزَّانٍ يُسَمَّى الفاصِل الوَمْضي) لإدارةِ التُّربين. ثُمَّ يُكَثَّفُ البُخارُ إلى ماءٍ ويُعادُ حَقْنُه في باطنِ الأرض.



حَقائقُ ومَعْلومات

هنالك 45 مَحطَّةَ قُدْرةٍ جِيوثِرْميَّةٍ في الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة. وهي تُنْتِجُ، مُجْتَمِعةً، ما يكفي من الكهرباء لِتَزْويدِ بيوتٍ أكثَر من 3,5 مليون شخص، وتُوَفِّرُ مِلْيونَي بِرميل (320 مِليون لِتْر) من النِّفْطِ سَنَويًّا. ويُقَدِّرُ الخُبراءُ أنَّه لَو تُطَوَّرُ جميعُ المَواردِ الجيُوثِرميَّة المَعْروفة في البلاد لأمكَنَ بِها إنتاجُ طاقةٍ تعادِلُ 27 ضِعفَ مُجْمَلِ الطاقةِ المُسْتَهْلكةِ في الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة سَنَويًّا.

مَحطَّةُ قُدْرة چيزَرْز الجيُوثِرْميَّة

يتَفَجَّرُ البُخارُ من مَشْروعِ چيزَرْز لِلقُدْرةِ الجيُوثِرميَّة في مُقاطعتَي سُونُوما وَلِيْك في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة. وتُزَوِّدُ مَحطَّةُ القُدْرة هذه السُّكَّانَ في شمالِ ووَسَطِ كاليفورنيا بالكهرباء.

أُنْتِجَت القُدْرةُ الجيُوثِرميَّة في الولايات المتحدة الأمريكيَّة للمَرَّة الأُولى عامَ 1960 في الچيزَرْز – وهي مِنْطقةٌ بُرْكانيَّةٌ ناشِطَةٌ في شمال سان فرَنْسيسكو، بكاليفورنيا. وبحُلولِ عام 1967، أخذَتِ الچيزَرْز تُنْتِجُ الكهرباءَ تِجاريًّا.

وفي مَدى سِتِّ سنَواتٍ، تَنامَى خَرْجُ المَحطَّةِ من 54 إلى 412 ميغاواط وغَدتِ المشروعَ الجيُوثرميَّ الأضخمَ في العالَم. وبحُلولِ العام 1986، ارتفعَ خَرْجُها إلى 1100 ميغاواط – أي بما يكفي لِتَزْويدِ أكثَر من مِليون شخصٍ بالكهرباء. وفي عام 1994، كان خَرْجُها 4,5 مليون ميغاواط ساعة من الكهرباء. ويُمكِنُها إن عمِلَتْ بقُدْرتِها القُصوى أنْ تُنْتِجَ تقريبًا كُلَّ ما تحتاجُه مدينةُ سانْ فرَنْسِيسْكو من الكهرباء.

آبارُ البُخارِ الجافّ

تَنْعَمُ مَحطَّةُ الچيزَرْز بالقُدْرة على استِخْدام البُخارِ الجافِّ المُستَخْرج مُباشَرةً من باطنِ الأرض لإدارة تُربيناتِها ومُولِّداتِها. ويأتيها البُخارُ من 246 بِئرِ إنتاجٍ عَبْرَ 88 كيلومتر من أنابيب البُخار.

وبعدَ مُروره عَبْرَ مَحطَّةِ القُدْرة، يُعادُ حَقْنُ البُخار في باطن الأرضِ عَبْرَ 14 بئرِ حَقْن. غَورُ أعمقِ آبار الچيزَرْز يبلُغ حوالى 4 كيلومترات، ومُعَدَّلُ العُمقِ فيها 2,4 كيلومتر.

في مَوقِعِ الچيزَرْز، يَتصاعَدُ البُخارُ إلى الجَوِّ باستِمْرار من خزَّاناتٍ جَوفيَّةٍ عَبْرَ مَنافِذَ في الأرضِ تُسَمَّى دَواخِن.

فَوق: لِتَعْيينِ مواقِعِ الصُّخورِ الباطنيَّةِ الحارَّةِ، تُنْقَرُ ثُقوبُ حَفْرٍ في الأرض وتُرْسَلُ مَسابيرُ عَبْرَها لقِياسِ دَرجةِ الحرارة.

وُقُودٌ حيَويَّةٌ حَديثة

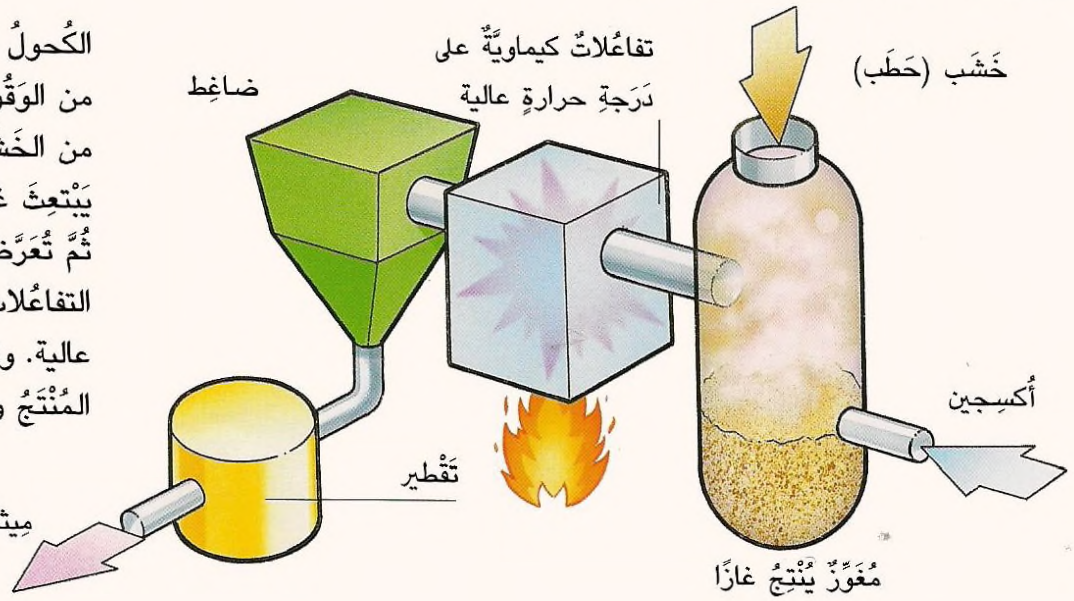
يُمكِنُ تحويلُ الكُتْلةِ الحيَويَّة إلى وُقُودٍ سائلةٍ أو غازيَّة. فأثناءَ ٱنْحلالِ نُفاياتِ المَرادِم طبيعيًّا تَبْتعِثُ غازًا هو مَزيجٌ من الميثان وثاني أُكسيد الكربون. وهذا يُمكِنُ تَجْميعُه واستِخْدامُه كوَقُود.

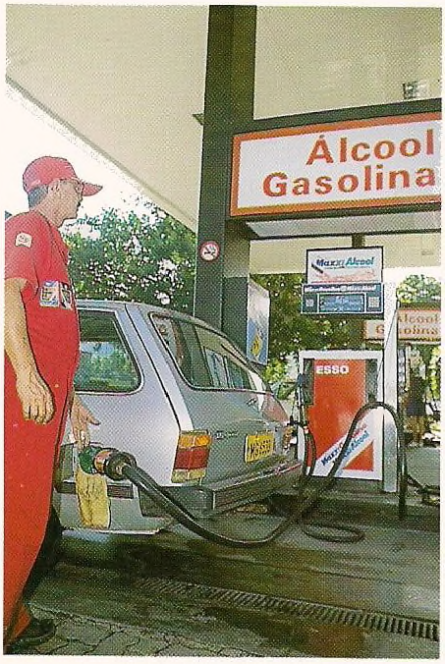
المَرْدَمُ النَّمُوذجيُّ يبدأُ عادةً بإنتاجِ الغاز بعدَ حوالى ثلاثِ سَنَواتٍ ويَسْتَمِرُّ في ذلك حَوالى 15 سنَةً. والأُسلوبُ الأَفضَلُ هو فَصْلُ النُّفاياتِ العُضْويَّةِ عن النُّفايات العامَّة وتركُها تَنْحَلُّ بفعاليَّةٍ أكثَر في خزَّاناتٍ تُسَمَّى هضَّاماتِ لاحيَوائيَّة (خالية من الأُكسِجين الطليق).

مُحَرِّكاتٌ نفَّاثةٌ تعمَلُ بقُدرةِ الحَطَب

يُمكِنُ تحويلُ الخَشَبِ (الحَطَب) إلى غازاتٍ تُمِدُّ مُحَرِّكًا تُربينيًّا غازيًّا (نفَّاثًا) بالقُدْرة. فإذا سُخِّنَ الخَشَبُ مع مَدَدٍ مَحْدُودٍ جِدًّا من الأُكسجين، فإنَّه يَبْتَعِثُ مَزيجًا من غازات الهدروجين والميثان والإيثين وأوَّلِ وثاني أُكسيد الكربون. وتُعالَجُ هذه الغازاتُ كيماويًّا لِتَنْقِيَتِها، ثُمَّ حَرقِها داخلَ مُحَرِّكٍ تُربينيٍّ غازيّ.

بعدَ ذلك تُمَرَّرُ غازاتُ عادِمِ المُحَرِّكِ الحارَّةُ عَبْرَ مِرْجلٍ لِتَسْخينِ الماء مُوَلِّدةً ما يكفي من البُخارِ لإدارة التُّربين. وكلا تُربين المُحَرِّكِ النفَّاث والتُّربين البُخاريّ يُديرانِ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّة.





سيَّارةٌ في البرازيل تُعبِّئُ وَقُودًا كحُوليًّا – مُستَخْرجًا من الكُتْلةِ الحيَويَّة يُسَمَّى الغازوحول. والغازوحول (أو الغازولين الكُحوليّ) هو مَزيجٌ من البِنْزين العاديِّ المُسْتَخْرجِ من النِّفْطِ الخام ومن الإيثانُول المُنْتَجِ من الكَسَّاڤا وقَصَب السُّكَّر. وبتواجُدِ قليلٍ من الأُكسِجين، فإنَّ السُّكَّرياتِ المُسْتَخْرجةَ من هذه النَّباتات تَنْحَلُّ وتتفكَّكُ لِتُنْتِجَ طاقةً.

الكُحولُ المِثيليّ أو الميثانُول هو نَمَطٌ من الوَقُودِ الكُحوليِّ، يُمكِنُ استِخْراجُه من الخَشَب. يُسَخَّنُ الخَشَبُ حتَّى يَبْتعِثَ غازاتٍ، في خزَّانٍ يُسَمَّى مُغَوِّزًا. ثُمَّ تُعَرَّضُ هذه الغازاتُ لسِلْسلةٍ من التفاعُلاتِ الكيماويَّة على دَرَجاتِ حرارةٍ عالية. وتاليًا يُضْغَطُ الغازُ أو البُخارُ المُنْتَجُ ويُقَطَّرُ سائلًا – هو المِيثانُول.

بعضُ النَّباتات، كدَوَّارِ الشَّمْس المُبَيَّنِ أدناه، تَحْوي زُيوتًا يُمكِنُ استِخْراجُها واستِخْدامُها وَقُودًا لِتَزْويدِ مَكاناتٍ بالقُدْرة أو لِتَوليدِ الكهرباء. كُلَّ نَبْتةٍ طَبْعًا تَحْوي كميَّةً ضئيلةً من الزَّيْت؛ لكِنَّ مَحْصولاً ضَخْمًا من آلافِ هذه النَّبتات يُغِلُّ كميَّاتٍ وَفيرةً من الزَّيْت لإنتاجِ الوَقُود.

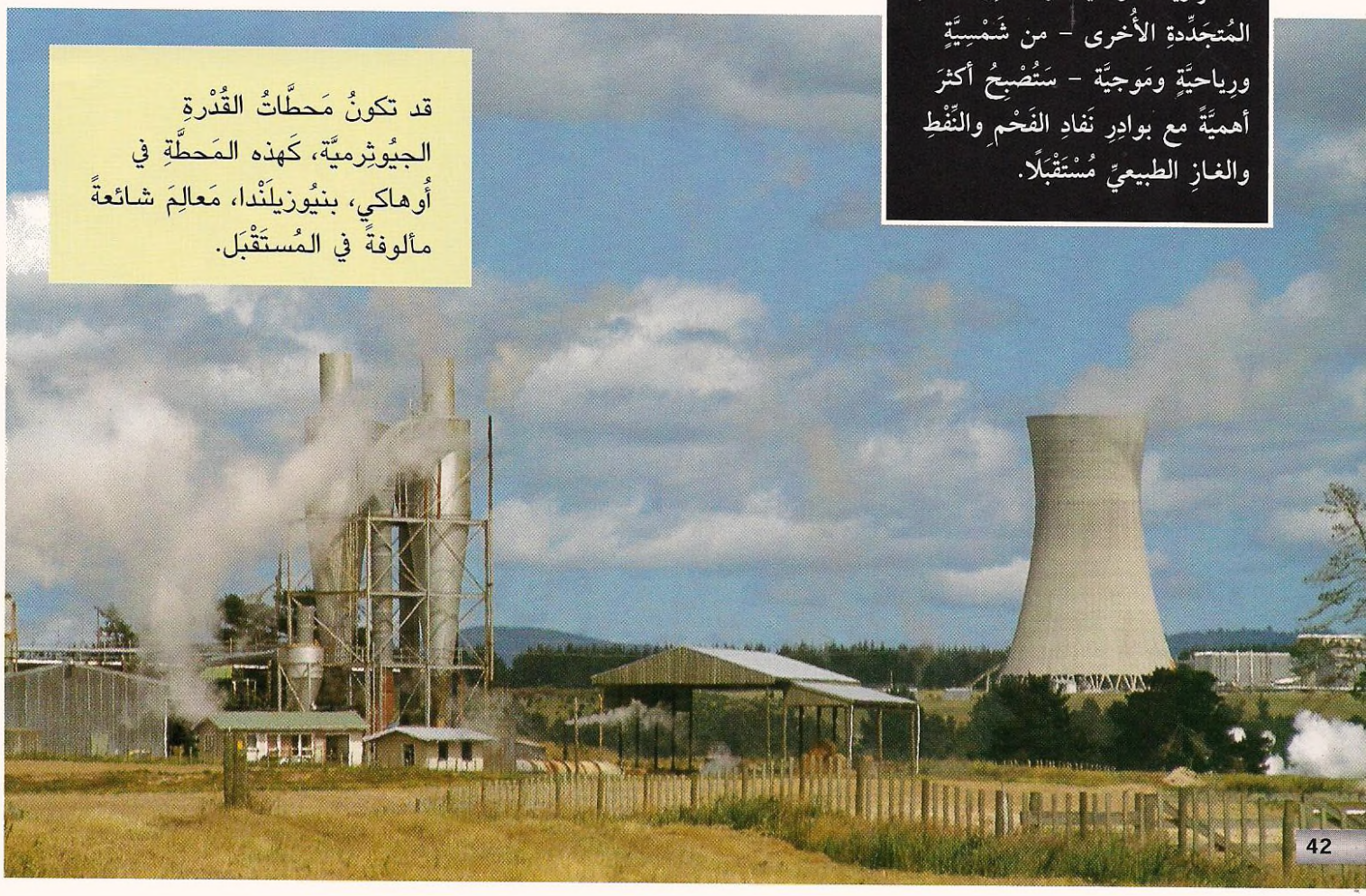
مُسْتَقْبلُ الطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة والطاقةِ الحيَويَّة

مُسْتَقْبَلُ القُدْرةِ الجيُوثِرْميَّة

عديدٌ من البُلدان الإفريقيَّة، التي تعتمِدُ حاليًّا على الطاقةِ والوُقُودِ المُسْتَورَدة بِتَكْلفاتٍ باهِظةٍ، مثل كينيا وجيبُوتي، تَتُوقُ إلى تَطْويرِ قُدُراتِها الجيُوثِرميَّة الخاصَّة لِتَخْفيضِ تكاليفِ الطاقةِ المُستورَدة. كما إنَّ البُلدانَ الصِّناعيَّةَ في نِصْفِ الكُرةِ الشَّمالي تُواصِلُ تطويرَ مَواردِها الجيُوثرميَّة أكثرَ فأكثرَ. ويُقَدِّرُ الخُبراءُ أنَّ الولاياتِ المتحدة الأمريكيَّة سَتتمكَّنُ، بحُلولِ نِهايةِ القَرْنِ الحادي والعِشْرين، من تَغْطيَةِ حوالى ثُلُثِ احْتياجاتِها الكهربائيَّة من مَحطَّاتِ قُدْرةٍ جيُوثِرميَّة.

حَقائقُ ومَعْلومات

قد تَغْدو الحَمَّاتُ، في المُستَقْبَلِ، أكثَر من كَونِها، بمناظِرها الرائعة، مَجذَبةً لِلسُّياحِ كما هي اليوم. فبدَلَ ٱبْتعاثِها أعمدةَ بُخارٍ وماء أخَّاذةَ المَنْظَر في الجَوّ، قد تُسَخَّر قُدراتُها وقُدراتُ مثيلاتِها الصُّنعِيَّة لإنتاجِ الكهرباء. فمَصادرُ الطاقة الجيُوثِرميَّة (الحراريَّة الأرضيَّة) ومَصادِرُ الطاقةِ المُتجَدِّدةِ الأُخرى – من شَمْسِيَّةٍ ورِياحيَّةٍ ومَوجيَّة – سَتُصْبِحُ أكثرَ أهميَّةً مع بوادِرِ نَفادِ الفَحْمِ والنِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ مُسْتَقْبَلًا.

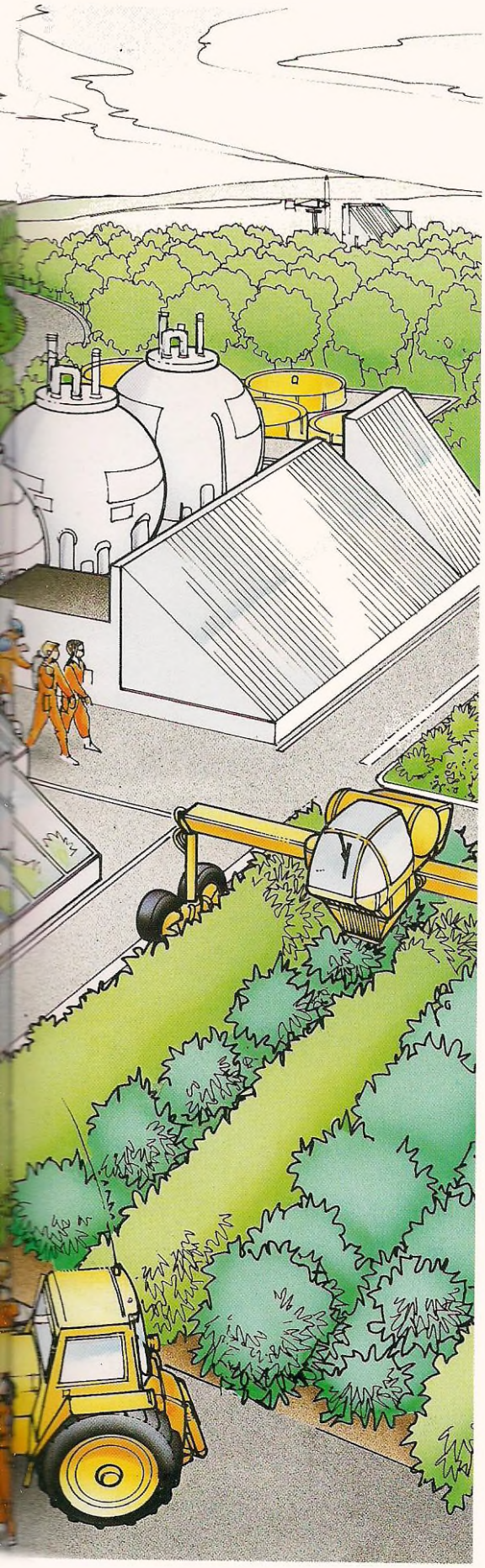


قد تكونُ مَحطَّاتُ القُدْرةِ الجيُوثِرميَّة، كَهذه المَحطَّةِ في أُوهاكي، بنيُوزيلَنْدا، مَعالِمَ شائعةً مألوفةً في المُستَقْبَل.

قُدْرةُ الحَمَّات

كما يُنْتِجُ مُحَرِّكُ السيَّارةِ البِنْزينيُّ قُدْرةً مُتَواصلةً من سِلْسِلةِ تفَجُّراتٍ مُنْفَصلَةٍ، فقد يُمكِنُ مُستقبلًا إنتاجُ قُدْرةِ خَرْجٍ مُتَواصلةٍ من حَمَّةٍ أو عَددٍ من الحَمَّات؛ وقد تُنْشَأُ الحَمَّاتُ الاِصْطناعيَّةُ لِهذا الغَرَض. فبِحَقْنِ الماءِ في ثُقوبٍ غَوريَّةٍ، تُحْفَرُ في الصُّخورِ الحارَّة، يُمكِنُ استِخْدامُ الحَمَّاتِ الاِصْطناعيَّةِ كمُولِّداتِ بُخارٍ لإدارةِ التُّربينات.

أُناسٌ يَستَحِمُّون في بِرَكٍ طينيَّةٍ حارَّة في جزيرة ڤولْكانو، إحدى الجُزُر الإيوليَّة على مَبْعدةٍ من صِقِليَّة، بإيطاليا. وقد يَتزايَدُ عَددُ الأطباءِ الذين يَصِفون الاستِحْمامَ في البِرَكِ الحارَّة كعِلاجٍ لِلمُصابين بآلامٍ عضليَّة يُسَكِّنُ تِلك الأعراض.



مُستقْبَلُ الطاقةِ الحيويَّة

يُتوقَّعُ أنْ تَتزايدَ أهميَّةُ الوُقُودِ الكُحوليَّةِ المُستَخْرجةِ من النَّباتات بخاصَّةٍ لِلبُلدان الأَفْقرِ التي لا تتوَفَّرُ لها الإمكاناتُ لِاسْتِيرادِ كامِلِ اَحْتياجاتِها من الفَحْمِ والنِّفْط. وفيما تُتيحُ الطاقةُ الجيُوثرميَّةُ تَخْفيضَ تكاليفِ المُستَوردات الطاقيَّة لِلقُطْر، فإنَّ الوُقُدَ الحيَويَّةَ تُمكِّنُ من إنتاج شَيءٍ يُمكِنُ بَيْعُه لِبُلدانٍ أُخرى.

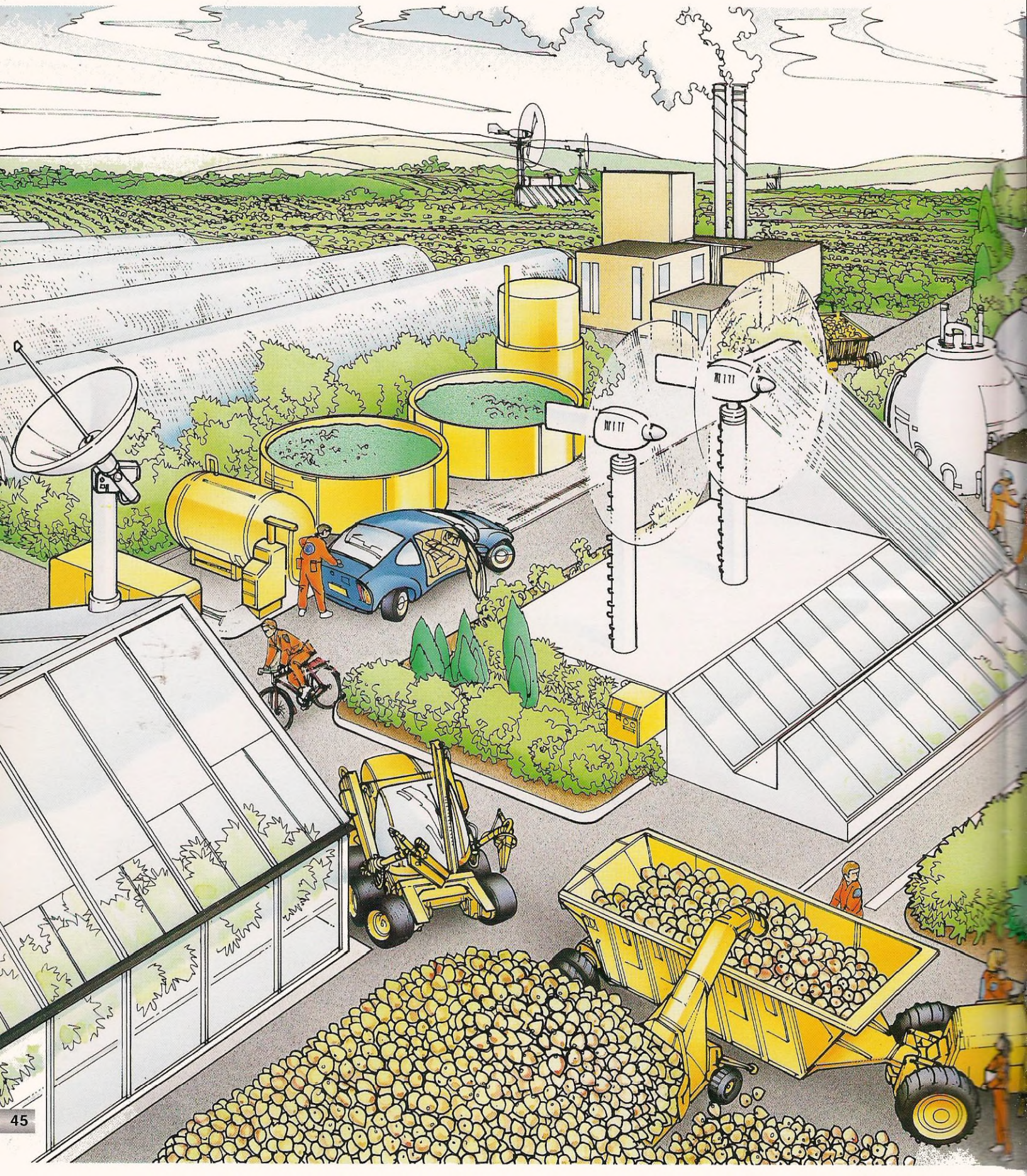
فكينيا، مثلًا، ناشِطةٌ في تطويرِ صناعَتِها السُّكَّريَّة لإنتاجِ زَيْتٍ وَقُود. وقد تكونُ نَبْتةُ المِسكانْثوس، وهي عُشبةٌ عِملاقةٌ سريعةُ النمُوِّ من الشرق الأَقْصى – المادَّةَ الخامَ لِلوَقُود الحيويِّ مُستَقْبلًا – إذ يُمكِنُ تحويلُ نتاجِ الهكْتارِ الواحد مِنها إلى طاقةٍ تَفوقُ النِّتاجَ الطاقيَّ لِمُعظمِ النَّباتاتِ الأُخرى من المِساحةِ نَفْسِها. ولعَلَّ مَحطَّاتِ التَّعْبئةِ المُسْتَقْبليَّةَ سَتَضُمُّ مِضَخَّاتِ الغازُوحول أو الميثانُول أو غازٍ حيَويٍّ آخَرَ إلى جانبِ مِضَخَّاتِ البِنْزين التقليدِيَّة.

طاقةٌ حيَويَّةٌ من البِحار

المياهُ تُغطِّي حوالى 71 % من سَطْحِ الأرض. والأعشابُ البَحْريَّةُ تزدهِرُ في المَضاحِلِ الخِصبَةِ حولَ القارَّات. وهي تُمَثِّلُ مَصْدرًا غَنِيًّا لِلطاقة. ففي المُستَقْبَل، يُمكِنُ اَزدِراعُ الأَعْشابِ البَحْريَّةِ كمَحْصولٍ زِراعيٍّ وتَحْويلُها إلى وَقُودٍ وكيماويَّاتٍ مُفيدةٍ أُخرى.

في أحدِ الاِخْتِبارات، جَرى زَرْعُ الكِلْبِ (عُشبٍ بَحْريٍّ أسمَر) على شبكةٍ شاسِعةٍ من الكبُول في البَحْر على مَبْعدةٍ من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة. ثُمَّ حُصِدَ المَحْصولُ وعُولِجَ لِتَحْضيرِ غازِ الميثان وعَلَفٍ للحيَواناتِ ومَجْموعةٍ مُنَوَّعةٍ من الكيماويَّات.

في تَوالي القَرْن الحالي يُتَوقَّع أنْ تَسُدَّ النَّباتاتُ مُعْظمَ اَحْتياجاتِنا الطاقيَّة. فتُحَوِّلُ هَضَّاماتُ الغازِ الحيَويِّ المَحليَّةُ نُفاياتِ المَزارع والمَنازلِ إلى غازِ وَقُودٍ لِلتدفئة وتوليدِ الكهرباء. وسَتُزْرَعُ أيضًا مَحاصيلُ لِتُوقَدَ مُباشَرةً أو لِتُحَوَّلَ إلى وُقُدٍ سائليَّةٍ كالمِيثانُول.



مَسْردُ التَّعْريفات

إيثانُول نوعٌ من الكُحول، يُسَمَّى أيضًا الكُحولَ الإثيليّ. Ethanol

بُخار الغازُ المُنْتَجُ من تَبخُّرِ سائلٍ بخاصَّةٍ أثناءَ الغَلَيان. Vapour

بَكْتِريا مُتَعَضِّياتٌ مِجْهريَّةٌ وَحيدةُ الخليَّة. Bacteria

البيئة العالَمُ الطبيعيُّ حوالَينا. Environment

التَّخَمُّر (والتخمير) تَحلُّلُ الكُتْلةِ الحيَويَّة بفِعْل مُتعَضِّياتٍ مِجْهريَّة، كالخمائر. الجِعَةُ والخُبْزُ يُحضَّران بالتَّخْمير. Fermentation

تُرْبين أرياشٌ مُزَوَّاةٌ مُركَّبةٌ على عمودٍ شياقيٍّ يَدورُ بحُرِّية. اِندفاقُ غازٍ أو سائلٍ عَبْرَ التربين يَضْغطُ على الأرياش ويُديرُ التُّربين. Turbine

التَّقْطير تَبْخيرُ مادَّةٍ بالإحماءِ ثُمَّ تكثيفُها سائلًا بالتَّبْريد لِتَنْقِيَتِها أو لِفَصْل مادَّةٍ طيَّارةٍ منها (كتقطير الإيثانول من عَصير العنَب المُختمِر). Distillation

تلَوُّثُ الهواء تلَوُّثُ الجوِّ بغازاتٍ أو جُسَيْماتٍ مُؤذيةٍ وغيرِ مَرْغوبٍ فيها في الهواء. Air pollution

الجُول وَحْدةُ طاقة (= 0,2388 كالوري. ويُعادلُ واط في الثانية). Joule

الحمُوُّ العالميّ سُخونَةُ جَوِّ الأرض بفِعلِ غازاتٍ – تَحتَبِسُ حرارةَ الشَّمْس كثاني أُكسيد الكربون المُنْتَجِ غالبًا بِحَرْق الوُقُودِ الأُحفوريَّة. Global warming

خَميرة فُطُور مِجْهريَّةٌ وَحيدةُ الخليَّةِ تُستَخْدَمُ في عمليَّاتِ التَّخْمير. Yeast

الطاقة القُدْرةُ على القيامِ بِشُغْل. Energy

غازٌ حيَويّ مَزيجٌ من الميثان وثاني أُكسيد الكربون يَنْتُجُ بهَضْم (تَحْليل) البكتِريا لِفَضَلاتِ المَنازِل والمَزارع. Biogas

غازُ الدَّفيئات غازٌ، كثاني أُكسيد الكربون، يَحْتبِسُ حرارةَ الشَّمْس في الجَوِّ، ويُسْهِمُ في الحمُوِّ العالميّ. Greenhouse gas

الغازُ الطبيعيّ غازٌ يتواجدُ في الطبيعة، عادةً في جُيوبٍ جَوفيَّةٍ عميقةٍ في باطنِ الأرض – وغالبًا مع النِّفْطِ الخام. Natural gas

غازُوحول مَزيجٌ من الكحُول (المُستَخْرج عادةً من النَّباتات) والبِنْزين يُمكِنُ استِخْدامُه كوَقُودٍ لِلسيَّارات. Gasohol

الكُحُول سائلٌ عديمُ اللَّوْن سَهْلُ الاِحْتِراق يُمكِنُ استِخْدامُه كوَقُود. Alcohol

الكَرْبون عُنْصرٌ كيماويٌّ يوجَدُ في جميعِ الكائنات الحَيَّة. Carbon

مَحطَّةُ قُدْرة مَبْنًى تُستَخْدمُ فيه طاقةُ وَقُودٍ لِتوليدِ الكهرباء. Power station

مُوَلِّد مَكِنةٌ مُصَمَّمةٌ لِتَحْويلِ طاقَةِ الحَرَكةِ إلى طاقةٍ كهربائيَّة – يتألَّفُ أبْسَطُ أنواعها من عُضوٍ دَوَّار يُدَوِّمُ في مَجالٍ مِغْنطيسيّ. Generator

مِيثان غازٌ لَهوبٌ عديمُ اللوْن يتواجدُ في الغاز الطبيعيّ، يُسَمَّى أيضًا غازَ المُسْتَنْقعات لأنَّه يَنْطلِقُ كفقاقيعَ من المُستَنْقعاتِ الرَّاكدة. Methane

مِيثانُول نوعٌ من الكُحول، يُسَمَّى أيضًا كُحولَ المِثيل. Methanol

ميغاواط قِياسٌ لِلقُدْرةِ الكهربائيَّة يُساوي مِليونَ واط. Megawatt

النِّفْطُ الخام النِّفْطُ (زيتُ البترول) الطبيعيُّ المُستَخْرجُ من باطنِ الأرض، قبْلَ تكْريره. Crude oil

واط وَحْدةُ قُدْرةٍ تُساوي جُولًا واحدًا من الطاقة المُتَحَوِّلة إلى شكلٍ آخرَ من الطاقة في ثانيةٍ واحدة. Watt

واط ساعة وَحْدةُ طاقةٍ تُساوي جُولًا واحدًا من الطاقة المُتَحَوِّلةِ إلى شكلٍ آخرَ من الطاقة في الثانية على مَدَى ساعةٍ واحدة. فصَمَجةُ إضاءة بِقُدْرةِ 100 واط تَسْتَهلِكُ 100 واط ساعة من الطاقة إذا أُضيئتْ ساعةً واحدة. Watt-hour

وَقُود مادَّةٌ تُحْرَقُ لإطلاقِ الطاقةِ المُخْتزَنةِ فيها التي يُمكِنُ استِخْدامُها لِلتدفئةِ أو لِتوليدِ الكهرباء أو لِتَسْيير الآلِيَّاتِ والمَكِنات. Fuel

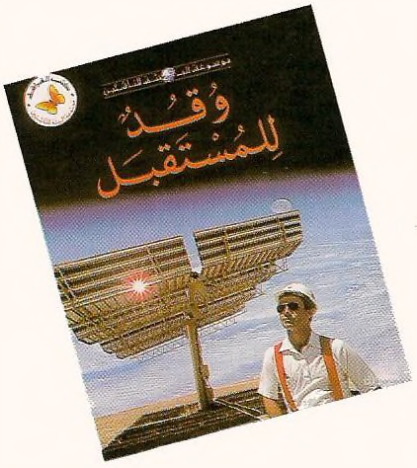
وَقُودٌ أُحفوري وَقُودٌ، كالفَحْم أو النِّفْطِ أو الغازِ الطبيعيّ، تكوَّنَ من بقايا النَّباتاتِ والحيَوانات التي عاشَتْ منذُ ملايين السِّنين. Fossil fuel

وَقُودٌ حيَويّ وَقُودٌ يتألَّفُ من فَضَلاتِ النَّباتات والحيَوانات. Biofuel

مَعْلوماتٌ إضافيَّة

كُتُبٌ لِلمُطالَعة

- المَوسُوعةُ العِلْميَّةُ الشامِلة – مكتبة لبنان ناشرون.
- مَوسُوعةُ التطبيقات العلميَّة المُيَسَّرة.
  - الآليَّات من الرَّافِعة إلى الحاسُوب – مكتبة لبنان ناشرون.
- مَوسُوعة البيئة لِلناشِئين
  - وُقُدٌ لِلمُستَقْبَل – مكتبة لبنان ناشرون
- المَوسُوعةُ العِلْميَّةُ المُيَسَّرة – مكتبة لبنان ناشرون



اِستِهْلاكُ القُدْرةِ والطَّاقة

القُدْرةُ هي قياسٌ لِسُرعة استِهْلاك الطاقة؛ وتُقاسُ بالجُول في الثانية أو بالواط. فقد تحتاجُ مِكواةٌ كهربائيَّةٌ إلى قُدْرةِ 1000 واط لِتَشْغيلها – فيما قد لا يحتاجُ راديو جَيْب لأكثَرَ من 10 واطّات. فالطاقةُ اللّازِمةُ لِتَشْغيل هٰذا الراديو ساعةً واحدةً لنْ تُشَغِّلَ المِكْواةَ أكثَرَ من سِتِّ أعشار الدقيقة، لأنَّ المِكْواةَ تستهْلِكُ طاقةً بسُرعةٍ تزيد 100 ضعفٍ على استِهْلاك جهاز الراديو.
الرَّسْمُ المُبيَّنُ إلى اليَسار يُقارِنُ مُعدَّلاتِ القُدْرة لأَجْهزةٍ كهربائيَّةٍ مَنْزليَّة ولِمَنْزِلٍ ولِمَحطَّةٍ لِتَوليدِ القُدْرة.

الفِهْرسُ العامّ

الآبارُ الحارَّة 19، 20، 21، 39
إرلَنْدا 16
أزْمةُ وَقُودِ الحَطَب 26
إسبانيا 41
أُشْنات 10
ألمانيا 15، 39
أمريكا الجَنوبيَّة 11، 26
إندونيسيا 4، 24
أُوزون 28
أُولْد فِيثْفُل 34-35
أيْسلَنْدا 5، 18، 30، 31، 33، 36
إيطاليا 4، 36، 43
البرازيل 40
البَراكين 4، 9، 12، 13، 14، 19، 30، 34، 38
بِرَكُ الطِّين 18، 30، 34، 43
بَكْتِريا 16، 24، 25
بِنيةُ الأرض 8
التخليقُ (التركيب) الضوئيّ 7
تُرْبين 22، 23، 36، 37، 39، 40
الجُول 5
الحَمَّات 20، 32، 33، 34، 35، 42
حمَّاماتٌ حارَّة 14، 15، 31
الحمُوُّ العالميّ 27
الخُثّ 11، 16-17، 26، 32
داخِنات 14، 39
الدِّفءُ والتدفئة 6، 14، 16، 22، 24، 26، 31
رَوثُ الحيَوانات 6، 11، 24، 25
رُوسيَّا 4، 11، 16، 17، 33، 36
السَّلْقادور 4، 36
السويد 7، 11
الصُّخورُ الحارَّة 4، 18، 19، 30، 33
الصُّهارة 4، 12، 13، 19
الصِّين 24
الطاقة الحراريَّة 4، 7، 8، 18، 21، 22، 28
الطاقة والقُدْرة الجيُوثِرميَّة (الحراريَّة الأرضيَّة الجَوفيَّة) 4، 5، 8، 12، 19، 20، 28، 33، 36، 38، 42
الطَّبْخ 6، 14، 22
الطحالِب 31
عُشب بَحْريّ 7، 11، 44
غاز حيَويّ 11، 14، 25، 44، 45
~ الميثان 14، 25، 29، 40
غازات الدَّفيئات 27
غازُوحول 40، 44
فنلَنْدا 16، 17
الفيليبين 4، 36
الكُتْلة الحيَويَّة 6، 7، 11، 14، 22، 24، 27، 40
كَنَدا 7، 11، 16، 22، 31
الكهرباء 4، 7، 11، 14، 16، 18، 20، 21، 22، 23، 25، 37، 38، 41، 44
كوستاريكا 4
كينيا 28، 42، 44
لابَة 12، 13
لُوس ألامُوس 20، 21
مَحطَّاتُ القُدْرة 4، 5، 7، 16، 17، 19، 20، 28، 36، 38، 39، 42
مُرَكَّباتٌ كَرْبونيَّة 7، 27، 40
مُرَمِّدات 14، 22، 23
المَكْسيك 4، 36
مواقِدُ الحَطَب والاِحْتِراق 14، 22
مُوَلِّد 22، 23، 24، 37، 39
مِيثانُول 40، 44
ميغاواط 4، 5، 17، 38
النَّباتات 6، 7، 10، 11، 16، 23، 40، 41، 44
نُفايات مَنْزليَّة 14، 22، 27، 40
نيُوزيلَنْدا 4، 30، 33، 42
هاواي 12
الهِنْد 14، 24، 26، 27
الوُقُد 10، 11، 14، 17، 22، 24، 25، 26، 40، 44
وُقُدٌ أُحْفوريَّة 4، 27
~ حيَويَّة 11، 14
الوَقْعُ البِيئيّ 26-27، 28
الولاياتُ المتحدة الأمريكيَّة 4، 7، 10، 12، 17، 20، 23، 30، 31، 33، 34، 36، 37، 38، 42، 44
اليابان 4، 36
اليَنابيعُ الحارَّة 14، 15، 30، 31، 34

مَوسُوعَة الطَّاقَة المُستَدامَة

ليس خافيًا طبعًا أنّ مواردَ الطاقة من الفحم والزيت والغاز الطبيعي آيلةٌ إلى النَّفاد - رُبما ضمن أواخِر هذا القرن. وأنه من الضروري تَقصّي مَواردِ وُقُودٍ بَديلة أو تطويرُ مصادرِ طاقةٍ مُتَجدِّدةٍ، غيرِ مُلوِّثةٍ للجوِّ والبيئةِ حولَنا، بالسُّرعَةِ الكافية لِتلافي افتقارِنا مُسْتَقْبلًا إلى حاجاتنا الضرورية من الطاقة.

في هذه السِّلسلة من **موسوعة الطاقة المُستدامة** ستَحرَّى إمكانيةَ تَسخير القُدرةِ الشمسيَّة المُباشرة إضافةً إلى قُدرةِ الرِّياحِ والأنهارِ والبحارِ - بِمُسْتوًى كافٍ لِضمانِ تَوفيرِ احتياجاتِنا الضَّروريَّة المُستقبليّة من الطاقة.

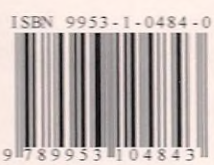
هذا الجُزء من الموسوعة يتناول الطاقة الجيوثرميّة (الحراريّة الأرضيّة) والطاقة الحيويّة من حيث

- إنتاج القُدرة من الحرارة الطبيعيَّة للصخور في القشرة الأرضيّة
- إنتاج القُدرة من النباتات والبكتريا وفضلات البيوت
- تسخير طاقة البراكين والحَمّات (الينابيع الحارة)
- إعادة التشجير بعد جَثِّ الحراج وقودًا للنار
- استخدام الطاقة دون الإضرار بالبيئة

في هٰذهِ السِّلسِلة

- الوُقُودُ الأُحفوريَّة
- القُدرَةُ الشَّمْسِيَّة
- القُدرَةُ النَّوَويَّة
- الطّاقَة الحَرارِيّة الأرضيّة وَالطّاقَة الحَيَويّة
- قُدرَة الرِّيَاح
- القُدرَة المائيَّة

ISBN 9953-1-0484-0



GEOTHERMAL AND
BIO-ENERGY
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)

مكتبة لبنان ناشرون